

# **Землеробство та рослинництво: теорія і практика**

**Випуск 3 (17), 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 № 9 від 09 вересня 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  
БОЙКО П.І., BOIKO P.I., Doctor of  
д. с.-г. н., проф. Agricultural Sciences, Prof.  
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., РАТУКА V.P.,  
д. б. н., проф., акад. Doctor of Biological Sciences, Prof.,  
НААН Acad. of NAAS  
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., д. с.-г. н., SLUSAR I.T.,  
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.  
ШЕВЧУК В., SHEVCHUK W.,  
д. ф. Doctor of Philosophical Sciences  
ШТАКАЛ М.І., SH TAKAL 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

- Демиденко О.В., Шаповал І.С., Ярмілко С.А.  
СИСТЕМА ЖИВЛЕННЯ ТА ПРОДУКТИВНІСТЬ КУЛЬТУР У П'ЯТИПІЛЬНИХ СІВОЗМІНАХ  
ЛІВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ 5
- Слюсар І.Т., Сербенюк В.О., Соляник О.П., Гелевера С.В.  
ВПЛИВ СТРУКТУРИ ЛАНДШАФТУ ЗАПЛАВ МАЛИХ РІЧОК НА МІНЕРАЛІЗАЦІЮ  
ОРГАНІЧНОЇ РЕЧОВИНИ ДРЕНОВАНИХ ОРГАНОГЕННИХ ҐРУНТІВ 15
- Паламарчук Р.П.  
ПРОДУКТИВНІСТЬ КУЛЬТУР 5-ПІЛЬНОЇ ЗЕРНО-ПРОСАПНОЇ СІВОЗМІНИ ЗАЛЕЖНО  
ВІД НОРМ УДОБРЕННЯ В УМОВАХ ПОЛІССЯ 26

## РОСЛИННИЦТВО, КОРМОВИРОБНИЦТВО, ЛУКІВНИЦТВО

- Юла В.М., Романюк П.В.  
ВИРОЩУВАННЯ ЯЧМЕНЮ ОЗИМОГО В СУЧАСНИХ КЛІМАТИЧНИХ УМОВАХ  
У ПІВНІЧНОМУ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ 38
- Гордієнко М.В., Грищенко Р.Є.  
ТРІВАЛІСТЬ МІЖФАЗНИХ ПЕРІОДІВ ТА ВЕГЕТАЦІЇ ПРОСА ЗАЛЕЖНО ВІД ПОГОДНИХ  
УМОВ У ПРАВОБЕРЕЖНОМУ ЛІСОСТЕПУ 49
- Holodna A.V., Hrytsiuk Ya.V.  
SYMBIOTIC ACTIVITY OF SOYBEAN UNDER DIFFERENT CULTIVATION TECHNOLOGIES  
IN THE RIGHT-BANK FOREST-STEPPE 57
- Шляхтурова С.П., Юла В.М., Шляхтуров Д.С.  
ВПЛИВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЗАХОДІВ НА ФОРМУВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ПРОДУКТИВНОСТІ  
ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ СПЕЛТИ ЗА ОРГАНІЧНОГО ВИРОЩУВАННЯ 65
- Матвійчук Б.В., Матвійчук Н.Г., Панчишин В.З., Савченко В.М.  
АСПЕКТИ АДАПТАЦІЇ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ ДО НЕГАТИВНИХ ЧИННИКІВ ПРИРОДНОГО  
СЕРЕДОВИЩА ЗА ДІЇ ЗАСОБІВ ЗАХИСТУ РОСЛИН 74
- Сеник І.І., Красюк Л.М., Кургак В.Г., Сидорук Г.П., Жук М.М.  
УРОЖАЙНІСТЬ СУХОЇ РЕЧОВИНИ ЖИТА ПОСІВНОГО (ОЗИМОГО) ЗАЛЕЖНО  
ВІД УДОБРЕННЯ ТА ПЕРЕДПОСІВНОЇ ОБРОБКИ НАСІННЯ 83
- Власюк О.С., Квасніцька Л.С., Войтова Г.П.  
ЕЛЕМЕНТИ ЕКОЛОГІЧНО-БЕЗПЕЧНОГО ЗАХИСТУ СОЇ ВІД ХВОРОБ  
В УМОВАХ ПРАВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ 90

## СЕЛЕКЦІЯ, ГЕНЕТИКА, БІОТЕХНОЛОГІЯ, НАСІННИЦТВО

- Тромсюк В.Д., Векленко Ю.А.  
ОЦІНКА ВИХІДНОГО МАТЕРІАЛУ ТРИТИКАЛЕ ОЗИМОГО ДЛЯ СЕЛЕКЦІЇ  
НА ПІДВИЩЕННЯ УРОЖАЮ ЗЕРНА 99
- Раков А.Ю., Дмитренко Ю.М.  
КОМБІНАЦІЙНА ЗДАТНІСТЬ БАТЬКІВСЬКИХ КОМПОНЕНТІВ ГІБРИДІВ  
ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ ЗА ГОСПОДАРСЬКО-ЦІННИМИ ОЗНАКАМИ 108
- Хорошко Н.М., Кириленко В.В.  
СЕЛЕКЦІЯ НА СТІЙКІСТЬ TRITICUM AESTIVUM L. ЩОДО ПАТОГЕНА  
BLUMERIA GRAMINIS F. SP. TRITICIS В УМОВАХ ЦЕНТРАЛЬНОГО  
ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ 118

# Contents

## *AGRICULTURE, MELIORATION, SOIL SCIENCE, AGROCHEMISTRY*

- Demydenko O.V., Shapoval I.S., Yarmilko S.A.**  
NUTRITION SYSTEM AND CROP PRODUCTIVITY IN FIVE-FIELD CROP ROTATIONS  
OF THE LEFT-BANK FOREST-STEPPE 5
- Slyusar I.T., Solyanyk O.P., Serbenyuk V.O., Helevera S.V.**  
THE INFLUENCE OF THE LANDSCAPE STRUCTURE OF SMALL RIVER FLOODPLAINS  
ON THE MINERALIZATION OF ORGANIC MATTER IN DRAINED ORGANOGENIC SOILS 15
- Palamarchuk R.P.**  
PRODUCTIVITY OF 5-POLE GRAIN-SEED CROP ROTATION DEPENDS ON FERTILIZATION  
RATE IN POLYSSYA CONDITIONS 26

## *PLANT PRODUCTION, FEED PRODUCTION, GRASSLAND SCIENCE*

- Yula V.M., Romanyuk P.V.**  
GROWING OF WINTER BARLEY UNDER MODERN CLIMATIC CONDITIONS  
IN THE NORTHERN FOREST-STEPPE OF UKRAINE 38
- Hordiienko M.V., Hryshchenko R.Ye.**  
INFLUENCE OF HYDROTHERMAL CONDITIONS ON THE DURATION OF INTERPHASE PERIODS  
AND VEGETATIVE GROWTH IN MILLET IN THE RIGHT-BANK FOREST-STEPPE OF UKRAINE 49
- Holodna A.V., Hrytsiuk Ya.V.**  
SYMBIOTIC ACTIVITY OF SOYBEAN UNDER DIFFERENT CULTIVATION TECHNOLOGIES  
IN THE RIGHT-BANK FOREST-STEPPE 57
- Shlyakhturova S.P., Yula V.M., Shliakhturov D.S.**  
THE INFLUENCE OF TECHNOLOGICAL METHODS ON THE WINTER WHEAT  
SPELT PRODUCTIVITY ELEMENTS FORMATION UNDER ORGANIC CULTIVATION 65
- Matviichuk B.V., Matviichuk N.H., Panchyshyn V.Z., Savchenko V.M.**  
ASPECTS OF ADAPTATION OF WINTER WHEAT TO NEGATIVE FACTORS OF THE NATURAL  
ENVIRONMENT UNDER THE ACTION OF PLANT PROTECTION MEASURES 74
- Senyk I.I., Krasnyuk L.M., Kurhak V.G., Sydoruk H.P., Zhuk M.M.**  
DRY MATTER YIELD OF (WINTER) RYE SOWINGS DEPENDING ON FERTILIZATION  
AND PRE-SOWING TREATMENT OF SEEDS 83
- Vlasyuk O.S., Kvasnitska L.S., Voitova H.P.**  
ELEMENTS OF ENVIRONMENTALLY SAFE PROTECTION OF SOYBEANS FROM DISEASES  
IN THE CONDITIONS OF THE RIGHT-BANK FOREST-STEPPE 90

## *PLANT BREEDING, GENETICS, BIOTECHNOLOGY, SEED PRODUCTION*

- Tromsiuk V.D., Veklenko Yu.A.**  
EVALUATION OF WINTER TRITICALE STARTING MATERIAL FOR BREEDING  
TO INCREASE GRAIN YIELD 99
- Rakov A.Yu., Dmytrenko Yu.M.**  
COMBINING ABILITY OF PARENTAL COMPONENTS OF WINTER WHEAT HYBRIDS  
FOR ECONOMICALLY VALUABLE TRAITS 108
- Khoroshko N.M., Kyrylenko V.V.**  
BREEDING OF TRITICUM AESTIVUM L. FOR RESISTANCE TO THE PATHOGEN  
BLUMERIA GRAMINIS F. SP. TRITICI IN THE CONDITIONS OF THE CENTRAL  
FOREST-STEPPE OF UKRAINE 118

## СИСТЕМА ЖИВЛЕННЯ ТА ПРОДУКТИВНІСТЬ КУЛЬТУР У П'ЯТИПІЛЬНИХ СІВОЗМІНАХ ЛІВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ

О.В. Демиденко, І.С. Шаповал, С.А. Ярмілко

Черкаська державна сільськогосподарська дослідна станція  
ННЦ «ІЗ НААН» (с. Холодниське, Черкаська обл., Україна)

**Мета.** Дослідити вплив системи живлення і попередників на урожайність культур та продуктивність сівозмін в умовах зони нестійкого зволоження Лівобережного Лісостепу України. **Методи.** Загальноприйняті – польовий, лабораторний, математичний, порівняльно-розрахунковий. **Результати.** Встановлено, що п'ятипільні сівозміни: А – багаторічні трави – пшениця озима – буряки цукрові – кукурудза на зерно – ячмінь ярий, В – горох – пшениця озима – буряки цукрові – кукурудза на зерно – кукурудза на зерно за рахунок сівозмінного фактора та природної родючості ґрунту в середньому за 2016–2020 рр. забезпечили врожайність пшениці озимої 3,3–3,5 т/га, кукурудзи після буряків цукрових – 7,2–7,28 т/га, кукурудзи в повторному посіві – 7,41 т/га, ячменю ярого – 2,4 т/га, гороху на зерно – 2,2 т/га, буряків цукрових 28,0–28,2 т/га. Ці дані можуть бути використані за розрахунку системи живлення в господарствах лівобережної частини Лісостепу України. **Висновки.** Встановлено, що найбільш оптимальна та економічно обґрунтована доза добрив на 1 га ріллі  $N_{45}P_{49}K_{61}$  у співвідношенні 0,92:1,0:1,24 сприяла збільшенню врожаю зерна на 6,1%, кормових одиниць на 10,8%, чистого прибутку на 6,6% порівняно з дозою добрив  $N_{31}P_{33}K_{41}$  (в середньому по сівозміні), подвійна доза добрив та розрахункові дози добрив із різним співвідношенням поживних елементів хоча і підвищують урожайність, але це не компенсує витрати на пов'язані з їх придбанням та внесенням. Продуктивність сівозмінної площі з 1 га ріллі була вища в сівозміні з насиченням 80% зернових, зокрема 40% кукурудза на зерно, 20% технічні, 20% зернобобові.

**Ключові слова:** пшениця озима, кукурудза, буряки цукрові, добрива, зерно, прибуток, собівартість, рентабельність.

**Вступ (постановка проблеми).** Впровадження системи інтенсивного землеробства у виробництво забезпечує підвищення загального рівня продуктивності сільськогосподарських культур за рахунок застосування сучасних вузькоспеціалізованих короткочастотних 5-пільних сівозмін, системи удобрення та обробітку ґрунту [1–5]. Питання ефективності 5-пільних сівозмін різного типу в зв'язку з застосуванням різних систем обробітку і удобрення є актуальним у сучасних умовах [3; 5; 9].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Основною умовою підвищення родючості чорноземів є впровадження технологій вирощування сільськогосподарських культур, раціональне використання добрив та засобів інтенсифікації системи землеробства [10]. На даному етапі основою будь-якої

системи землеробства залишаються інтенсивні технології вирощування сільськогосподарських культур у сівозмінах. До найважливіших заходів, що забезпечують збереження родючості чорноземів, належать сівозміна, удобрення та обробіток ґрунту [10]. Найважливішим показником, який визначає родючість ґрунту є гумус [4; 5]. Науково обґрунтовані сівозміни та ефективне використання агрономічних прийомів дають можливість повною мірою реалізувати генетичні показники сортів і гібридів сільськогосподарських культур, що є одним із чинників збереження продовольчої програми. Продуктивність сівозміни та рівень продуктивності окремих культур більшою мірою залежить від структури посівних площ сівозміни, попередників, системи обробітку ґрунту, удобрення та засобів захисту рослин [1; 10]. У зв'язку

з потеплінням клімату набір складових культур у сівозмінах і сама структура посівних площ змінюється на користь теплолюбних культур та інших підходів за визначення впливу основних чинників землеробства на родючість ґрунту і продуктивність культур сівозміни з точки зору економічної й енергетичної оцінки сівозмін.

**Методика і методи досліджень.** Досліди проводили в 2016–2023 рр. у довготривалому багатфакторному досліді Черкаської державної сільськогосподарської дослідної станції ННЦ «ІЗ НААН» (Драбове) на чорноземах Лівобережного Лісостепу України. Розмір посівної ділянки – 162 м<sup>2</sup>, облікової – 100 м<sup>2</sup>, повторність – трикратна. Добрива вносили в основне удобрення під оранку.

Агрохімічна характеристика ґрунту – уміст гумусу (За Тюрінім і Коновою) 3,8–4,2%, уміст рухомих форм фосфору 101–140 мг/кг ґрунту, уміст рухомого калію 80–100 мг/кг ґрунту, РН<sub>сол.</sub> 6,8–7,0. Ґрунтові води залягають на глибині 14–16 м та 121 м над рівнем моря. Результати польових дослідів піддавали статистичному обробітку методом дисперсійного аналізу за [11] з використанням статистичних методів. Узагальнення результатів досліджень проводили за допомогою програми «STATISTIKA – 10» з використанням непараметричної статистики, кореляційного та факторного аналізів.

Вивчався вплив різних систем живлення на врожайність культур та продуктивність сівозмін різного типу: А – 1 – багаторічні трави, 2 – пшениця озима, 3 – буряки цукрові, 4 – кукурудза, 5 – ячмінь + трави. В – 1 – горох, 2 – пшениця озима, 3 – буряки цукрові, 4 – кукурудза, 5 – кукурудза. Структура сівозмін: А – зернові 60%, у т. ч.: пшениця озима – 20%, кукурудза – 20%, ячмінь + трави – 20%, однорічні трави – 20%. В – зернові 80%, у т. ч.: пшениця озима – 20%, кукурудза – 40%, буряки цукрові – 20%, горох – 20%. Добрива вносили в основне удобрення під оранку. Систему живлення культур сівозміни наведено в табл. 1.

Метеорологічні умови в роки проведення досліджень були різними: середньорічна температура повітря за 2016–2023 рр. становила +9,8 °С з коливанням по роках +9,0–11,0 °С (рис. 1). Улітку (червень–серпень) температура повітря досягала +21,2–21,9 °С, з максимальною температурою на поверхні ґрунту +52 °С. Середньомісячна кількість опадів за 2016–2023 рр. становила 503 мм, а за роки досліджень – 538 мм. Оподи періодам року розподілялися так: осінь – 114 мм (21%), зима – 150 мм (28%), весна – 130 мм (24%), літо – 146 мм

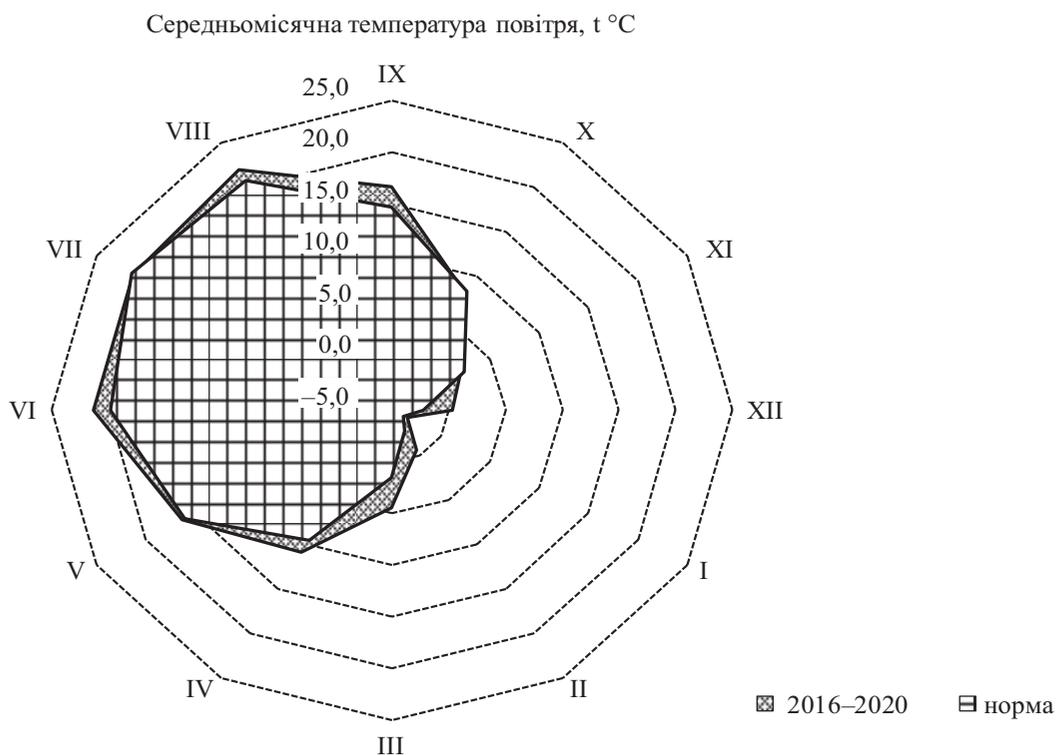
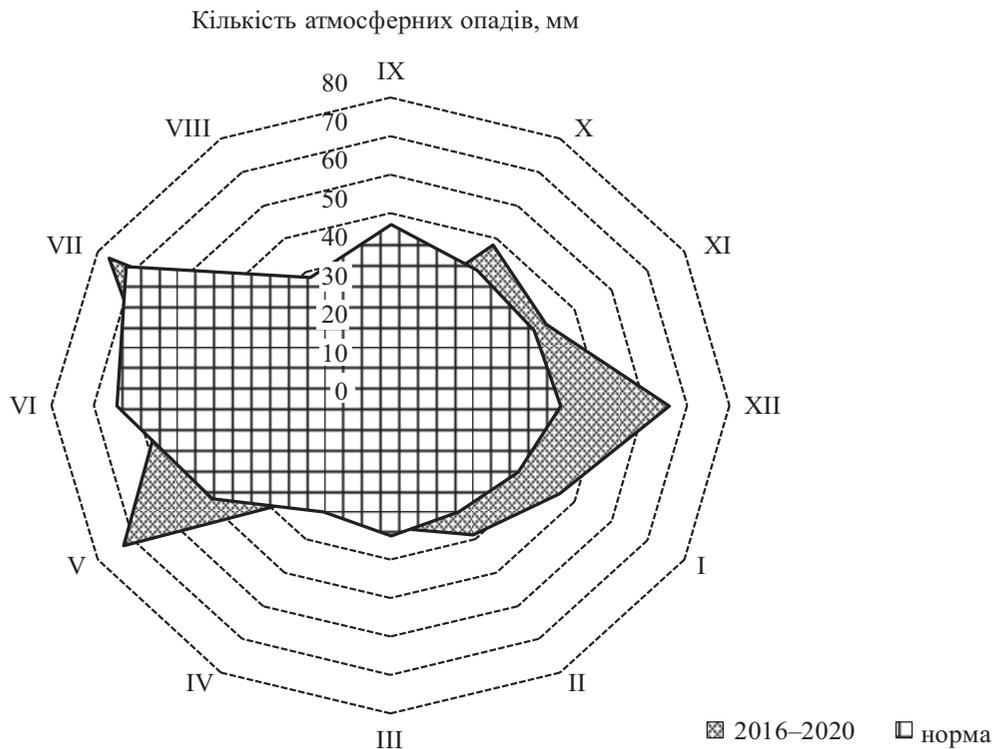
(27%). Максимальна кількість опадів припадає на червень – 51,5 мм. Найбільша кількість опадів випадала в 2018 р.: в червні – 107 мм та у липні – 168 мм. Найменша кількість опадів була в 2016 р. (16 мм) та в 2019 р. (9 мм). Для пшениці озимої у травні найбільш сприятливі умови були в 2016 р., коли випадало 130 мм та в 2020 р. – 101 мм опадів. Найменша кількість опадів випала в 2017 та 2019 рр.: 20–22 мм за норми опадів в травні – 43 мм. Для кукурудзи найбільш сприятливі умови вегетації були у липні та серпні 2017 р., коли кількість опадів становила 50–83 мм за норми 67 мм та 52 мм відповідно.

У середньому за 2016–2023 рр. в період з жовтня по лютий (холодний період року) кількість атмосферних опадів перевищувала середньобагаторічні значення за останні 30 років спостережень на 55 мм за загальної кількості 241 мм. У травні перевищення кількості опадів над нормою становило 24 мм за загальної кількості опадів 73 мм. У подальші місяці вегетації культур у сівозмінах кількість опадів була меншою за середньобагаторічні значення. Лише в липні перевищення становило 5 мм. Середньомісячна температура повітря у весняний період перевищувала норму на +1,5 °С; у літній період – на +0,9 °С; в осінній період – на +0,7 °С. За вегетаційний період перевищення середньомісячної температури становила +1,0 °С; за холодний період перевищення було +1,5 °С (див. рис.). За 2016–2023 рр. ГТК за Селяниновим у період квітень–липень становив 1,0–1,10 (оптимальні умови зволоження), що відповідало середньобагаторічному значенню. У липні ГТК = 0,22 (сухі умови), а за нормою умови відповідали помірно сухим умовам

**Таблиця 1. Система удобрення культур сівозміни**

Горох, трави	Пшениця озима	Кукурудза, ячмінь	Буряки цукрові
Без добрив	Без добрив	Без добрив	Без добрив
P <sub>30</sub> K <sub>40</sub>	N <sub>30</sub> P <sub>40</sub> K <sub>50</sub>	N <sub>30</sub> P <sub>20</sub> K <sub>30</sub>	N <sub>65</sub> P <sub>55</sub> K <sub>55</sub>
P <sub>45</sub> K <sub>60</sub>	N <sub>45</sub> P <sub>60</sub> K <sub>75</sub>	N <sub>45</sub> P <sub>30</sub> K <sub>45</sub>	N <sub>97</sub> P <sub>82</sub> K <sub>97</sub>
P <sub>60</sub> K <sub>80</sub>	N <sub>60</sub> P <sub>80</sub> K <sub>100</sub>	N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>60</sub>	N <sub>130</sub> P <sub>110</sub> K <sub>110</sub>
N <sub>40</sub> P <sub>40</sub> K <sub>40</sub>	N <sub>100</sub> P <sub>40</sub> K <sub>60</sub>	N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>60</sub>	N <sub>90</sub> P <sub>80</sub> K <sub>80</sub>
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>80</sub>	N <sub>75</sub> P <sub>60</sub> K <sub>80</sub>	N <sub>67</sub> P <sub>30</sub> K <sub>75</sub>	N <sub>67</sub> P <sub>80</sub> K <sub>120</sub>

**Примітка.** Варіанти 5, 6 – розрахункові дози добрив на запланований урожай пшениці озимої 5 т/га, кукурудзи – 8 т/га, ячменю – 4 т/га, гороху – 3,5 т/га, буряків цукрових – 50 т/га; варіант 5 – по виносу 100% азоту, фосфору та калію; варіант 6 – по виносу азоту 75% і 150% фосфору та калію під усі культури сівозміни.



**Метеорологічні параметри за період проведення досліджень (2016–2023 рр.)**

(ГТК = 0,7–0,5). У вересні ГТК = 0,48 (посушливі умови) проти значень за нормою ГТК = 1,07 (оптимальне зволоження). Загалом за квітень–вересень ГТК = 0,82 (слабопосушливі умови), тоді як за нормою ГТК = 1,00 (оптимальні умови зволоження).

**Результати та їх обговорення.** Сучасна технологія вирощування пшениці озимої спрямована

на максимально продуктивну відповідь рослин під час застосування засобів інтенсифікації виробництва, які нині використовуються у сільському господарстві України. Внесення добрив за технологією вирощування у разі поєднання з іншими факторами дає можливість підвищити врожай на 35–50% і зберегти родючість ґрунту [12–14]. Встановлено, що

Таблиця 2. Урожайність пшениці озимої в сівозмiнах рiзного типу за 2016–2023 рр.

Удобрення	Сiвозмiна А			Сiвозмiна В			
	Попередник – трави			Попередник – горох			
	урожайнiсть, т/га	прирiст, т/га	%	урожайнiсть, т/га	прирiст, т/га	%	± до гороху
Без добрив	3,30	–	–	3,45	–	–	0,15
Побiчна продукцiя	3,44	0,14	4,2	3,65	0,20	5,7	0,55
$N_{30}P_{40}K_{50}$	4,99	1,69	51,2	5,36	1,97	55,4	0,37
$N_{45}P_{60}K_{75}$	5,59	2,29	69,4	5,73	2,28	66,1	0,14
$N_{60}P_{80}K_{100}$	5,86	2,56	77,6	6,08	2,63	76,2	0,22
$N_{100}P_{40}K_{60}$	6,0	2,70	81,8	6,15	2,70	78,3	0,15
$N_{75}P_{60}K_{90}$	5,61	2,31	70,0	5,85	2,40	69,6	0,24
$НП_{0,05}$	0,11			0,12			

в середньому за 2016–2023 рр. за рахунок природної родючості та сівозмінного чинника отримано врожайність пшениці озимої 3,3–3,45 т/га незалежно від попередника, внесення оптимальної дози добрив  $N_{30}P_{40}K_{50}$  в основне удобрення сприяло зростанню урожаю після гороху на 1,97 т/га, або на 55,4%, у той час як після однорічних трав за збільшення доз добрив у 1,5 раза (до  $N_{45}P_{60}K_{75}$ ) приріст урожаю збільшився порівняно з оптимальною дозою на 10,6–18,2%. Під час збільшення дози добрив у два рази порівняно з оптимальною дозою до  $N_{60}P_{80}K_{100}$  пшениця озима більше реагувала на добрива після трав порівняно з горохом, приріст урожаю підвищився на 1,4%, а порівняно з полуторною дозою – на 8,2%. Розрахункова доза добрив  $N_{100}P_{80}K_{100}$  на урожай 5 т/га з поверненням азоту 100%, фосфору і калію 100%, збільшувала урожай порівняно з дозою добрив  $N_{60}P_{80}K_{100}$  лише на 3,6% після трав та 2,1% після гороху (табл.2).

Аналогічне явище спостерігаємо і при дозі  $N_{60}$  та  $N_{75}$  – варіанти 5, 6 (див. табл.1). Якщо загалом характеризувати попередники горох і однорічні трави, то перевагу слід надати попереднику горох на зерно: приріст урожаю за рахунок попередника становить 0,15–0,24 т/га, що вище  $НП_{0,05} = 0,11$  т/га, тобто отримано достовірний приріст урожаю. За рахунок добрив приріст урожаю сягає 51,2–81,8%.

Результати досліджень показали, що в ринкових умовах та з врахуванням економіки господарствам можна вибирати дози добрив з врахуванням платоспроможностей від малої дози до розрахункової. Втім найбільш економічно вигідна доза добрив під пшеницю озиму –  $N_{45}P_{60}K_{75}$  та  $N_{60}P_{80}K_{100}$  (табл. 2).

Кукурудза є культурою з високим потенціалом продуктивності, реалізація якого значною мірою

залежить від агротехнологій вирощування, основою яких є сівозмiни й удобрення [15; 16]. Кукурудза – культура, яка в умовах нестійкого зволоження забезпечує високі урожаї зерна від 9,78 до 12,0 т/га. За рахунок сівозмінного чинника та природної родючості ґрунту на чорноземах малогумусних Лівобережного Лісостепу одержано зерна – 7,2–7,3 т/га (табл.3).

За розміщення у сівозмiні В кукурудзи після буряків цукрових на контролі без добрив урожай зерна становила – 7,2–7,3 т/га, а в повторному посіві урожайність зерна була вищою порівняно з попередником буряки цукрові на 2,6% в сівозмiні А. Внесення дози добрив  $N_{30}P_{20}K_{30}$  сприяло зростанню урожаю в 1,19–1,2 раза порівняно з контролем без добрив. Збільшення дози добрив у 1,5 раза до  $N_{45}P_{30}K_{45}$  збільшило урожайність після буряків цукрових порівняно з одинарною дозою  $N_{30}P_{20}K_{30}$  в 1,05 раза, а після повторної кукурудзи (сівозмiна В) зростання урожайності було вищим в 1,03 раза (табл.3). За збільшення дози добрив до  $N_{60}P_{40}K_{60}$  зростання урожайності зерна було вищим в 1,11 раза, або приріст зерна становив 26,6–32,5%. Найвищий приріст урожаю за дози добрив  $N_{60}P_{40}K_{60}$  відмічено в сівозмiні А. У сівозмiні В відбулося зниження врожайності зерна після буряків цукрових на 9,4% порівняно з сівозмiною А.

Кукурудза реагує на збільшення дози азоту в складі повних мінеральних добрив у співвідношенні 4,5:1,0:1,5 ( $N_{90}P_{20}K_{30}$ ), приріст зерна порівняно до дози добрив  $N_{60}P_{40}K_{60}$  становив +0,11 т/га, або 1,6–2,2%, але після кукурудзи за цієї дози добрив відмічено зниження урожаю на 4,2%. Розрахункова доза добрив повернення азоту 75%, 150% фосфору і калію на варіанті 6 ( $N_{67}P_{30}K_{73}$ ) знижувала урожайність зерна кукурудзи незалежно від типу сівозмiни.

Таблиця 3. Урожайність зерна кукурудзи на зерно залежно від попередника та добрив за 2016–2023 рр.

Удобрення	Сівозміна А			Сівозміна В					
	буряки цукрові			буряки цукрові			кукурудза		
	урожайність, т/га	приріст, т/га	%	урожайність, т/га	приріст, т/га	%	урожайність, т/га	приріст, т/га	%
Без добрив	7,30	–	–	7,22	–	–	7,41	–	
Побічна продукція	7,37	0,07	–	7,42	0,20	2,8	7,85	0,44	5,9
$N_{30}P_{20}K_{30}$	8,68	1,31	17,9	8,69	1,47	20,4	8,55	1,14	15,4
$N_{45}P_{40}K_{45}$	9,13	1,83	25,1	8,91	1,69	23,4	8,79	1,38	18,6
$N_{60}P_{40}K_{60}$	9,67	2,37	32,5	9,14	1,92	26,6	9,39	1,96	26,7
$N_{90}P_{20}K_{30}$	9,78	2,48	34,1	9,30	2,06	28,8	8,97	1,56	21,0
$N_{62}P_{30}K_{73}$	9,45	2,15	29,4	9,24	2,02	28,1	8,60	1,19	16,0
$НІР_{0,05}$	0,15			0,12					

Для вирішення проблеми збільшення і стабілізації виробництва зерна в Україні значну увагу приділяють підвищенню врожайності ячменю ярого, оскільки ця культура є стратегічно важливою і за посівними площами посідає третє місце після пшениці та кукурудзи [17; 18]. Встановлено, що за рахунок сівозмінного чинника та родючості чорнозему одержано врожайність зерна ячменю за роки досліджень – 2,40 т/га (табл.4).

Найбільш оптимальна і економічно вигідна доза добрив під ячмінь  $N_{45}P_{30}K_{45}$ , яка забезпечила приріст урожаю +1,07 т/га, що становить 44,6%. Підвищена доза добрив  $N_{60}P_{40}K_{60}$  хоч і забезпечує приріст зерна порівняно з дозою добрив  $N_{45}P_{30}K_{45}$  на +0,91 т/га, або 17,1%. З розрахункових доз добрив краща доза, а це 75% повернення азоту та 150% повернення фосфору

Таблиця 4. Урожайність ячменю залежно від добрив за 2016–2023 рр.

Удобрення	Урожайність, т/га	Приріст, т/га	%
Без добрив	2,40	–	–
Побічна продукція	2,42	0,02	–
$N_{30}P_{20}K_{30}$	3,29	0,89	37,1
$N_{45}P_{30}K_{45}$	3,47	1,07	44,6
$N_{60}P_{40}K_{60}$	3,88	1,48	61,7
$N_{90}P_{20}K_{30}$	3,86	1,46	60,8
$N_{67}P_{30}K_{75}$	4,16	1,76	73,3
$НІР_{0,05}$	0,12		

і калію  $N_{67}P_{30}K_{75}$ , яка забезпечила врожайність зерна – 4,6 т/га, або приріст до контролю без добрив 73,3% (табл. 4).

Вирощування бобових у сівозміні забезпечує зростання врожаю інших культур і значно поліпшує його якість, посилює біологічні процеси в ґрунті внаслідок сприятливого хімічного складу кореневих та післяжнивних решток. Отже, введення до складу сівозміни бобових культур, зокрема гороху, застосування органо-мінеральної системи удобрення є найефективнішими чинниками формування сприятливого для росту і розвитку рослин поживного режиму ґрунту [19]. Горох вирощується після кукурудзи, як кращий попередник для пшениці озимої в сівозміні В (табл.5).

Встановлено, що за рахунок природної родючості чорнозему та сівозмінного чинника з врахуванням залишків рослинних решток, які залишились після збирання кукурудзи, мали урожайність зерна гороху 2,22 т/га. Серед доз добрив кращими були  $P_{60}K_{80}$  та  $N_{40}P_{40}K_{40}$ , з приростом урожаю зерна порівняно з контролем без добрив на 54,5–62,5%. Заслугує на увагу доза добрив  $P_{45}K_{60}$ , яка збільшує приріст урожаю відносно контролю на 66,2%. За розрахункових доз добрив (варіанти 6, 7) мали меншу врожайність порівняно з дозою  $P_{45}K_{60}$ , тобто горох не реагує на внесення азоту в складі повного мінерального добрива.

Дослідження свідчать, що в інтенсивному землеробстві врожайність сільськогосподарських культур, зокрема буряків цукрових, залежить не тільки від науково обґрунтованого чергування культур у сівозміні, але й від правильно складеної системи удобрення, яка

**Таблиця 5. Урожайність гороху залежно від добрив у сівозміні, де зернові 80%, технічні 20%, зернобобові 20 % (2016–2023 рр.)**

Удобрення	Урожайність, т/га	Приріст, т/га	%
Без добрив	2,22	–	–
Побічна продукція	2,25	0,03	–
$P_{30}K_{40}$	3,0	0,78	35,1
$P_{45}K_{60}$	3,26	1,47	66,2
$P_{60}K_{80}$	3,42	1,21	54,5
$N_{40}P_{40}K_{40}$	3,60	1,36	62,2
$N_{30}P_{60}K_{80}$	3,49	1,27	57,2
$HP_{0,05}$	0,11		

здатна забезпечити від 30 до 60% урожаю культури [20]. Урожайність буряків цукрових показано в табл. 6.

Буряки цукрові в сівозмінах А і В розміщувалися з травами за такою послідовністю: трави/горох – пшениця озима – буряки цукрові. За рахунок сівозмінного чинника та природної родючості чорнозему незалежно від типу с сівозміни урожайність коренів становила 28,0–28,2 т/га. Найбільш оптимальна доза добрив під буряки цукрові була  $N_{130}P_{110}K_{110}$ , де урожайність коренів зроста порівняно з контролем без добрив у 1,75–1,80 рази, або на 73,7–79,6%. Розрахункові дози добрив, у яких доля азоту сягала 67–90 кг д. р. на 1 га, виявились менш ефективними незалежно від типу сівозміни сівозміни (табл.6).

Одним із важливих показників продуктивності сівозміни є вихід з одного гектара кормових одиниць, перетравного протеїну, зерна, оскільки за цими показниками можна дати правильну оцінку спроможності одиниці площі через продукцію реалізувати

можливості як ефективності, так і родючості. Залежно від підбору культур, системи удобрення, системи основного обробітку ґрунту, структури сівозміни ці показники можуть змінюватися [22]. Світовій практиці відомий спосіб оцінки продуктивності сівозмін, який ґрунтується на перерахунку в зернові еквіваленти. Рівень урожайності кожної культури та продуктивність сівозміни загалом значною мірою залежать від впливу попередників, системи обробітку ґрунту, удобрення та засобів захисту рослин [23–26].

У сівозміні В з насиченням зерновими 80%, зокрема 40% кукурудзи на зерно, збір зернових становив 5,56–6,15 т/га, що вище сівозміни А з насиченням кукурудзи 20% в 1,06–1,05 рази, а збір зернових одиниць в 1,31–1,4 рази. Уміст перетравного протеїну вищий був у сівозміні з травами на 0,67 т/га, або 19,7% (табл. 7).

Чистий прибуток був вищий у сівозміні В за середньої дози добрив ( $N_{46}P_{49}K_{61}$ ) 15,3 тис. грн/га, що більше, ніж у сівозміні А з травами на 38,7%. За внесення подвійної дози добрив ( $N_{62}P_{66}K_{82}$ ) знижувався рівень чистого прибутку порівняно з дозою добрив  $N_{46}P_{49}K_{61}$  на 4,5%, у той час, як у сівозміні А, чистий прибуток збільшився на 1,4%. Внесення в сівозміні В оптимальної дози добрив  $N_{31}P_{33}K_{41}$  сприяло отриманню зерна в 1,27 рази, а в сівозміні А в 1,1 рази більше відносно контролю. Вихід кормових одиниць був більшим в 1,22 рази, а чистий прибуток підвищився в 1,71 рази. Найбільш оптимальна та економічно вигідна доза добрив на 1 га ріллі  $N_{46}P_{49}K_{61}$  сприяла збільшенню урожаю зерна на 6,1%, вихід кормових одиниць на 10,8%, чистий прибуток зріс на 6,6% порівняно з дозою добрив  $N_{31}P_{33}K_{41}$ . Подвійна доза добрив та розрахункові дози добрив підвищують продуктивність сівозмін, але отримана

**Таблиця 6. Урожайність буряків цукрових залежно від ланки сівозміни та добрив за 2016–2023 рр., т/га**

Удобрення	Ланка сівозміни з травами (сівозміна А)			Ланка сівозміни з горохом (сівозміна В)		
	урожай, т/га	приріст, т/га	%	урожай, т/га	приріст, т/га	%
Без добрив	28,2	–	–	28,0	–	–
Побічна продукція	30,2	2,0	7,1	28,8	0,8	2,8
$N_{65}P_{50}K_{65}$	44,4	16,2	57,4	42,9	14,9	53,8
$N_{97}P_{82}K_{97}$	47,1	18,9	67,0	45,9	17,9	63,9
$N_{130}P_{110}K_{130}$	49,0	20,8	73,7	50,3	22,3	79,6
$N_{90}P_{80}K_{80}$	50,5	22,3	79,1	49,0	21,0	75,0
$N_{67}P_{80}K_{120}$	49,8	21,6	76,6	50,0	22,0	78,6
$HP_{0,05}$	0,25			0,27		

Таблиця 7. Показники продуктивності та економічної ефективності короткоротаційних сівозмін з різним насиченням зерновими залежно від системи живлення за 2016–2020 рр.

Добрива	Сівозміна А – 60% зернових, у т. ч. 20% ячмінь + трави, 20% кукурудза на зерно						Сівозміна В – 80% зернових, у т. ч. 20% пшениця озима, 40% кукурудза на зерно					
	Збір з 1 га ріллі, т/га				прибуток з 1 га тис. грн	Рентабельність, %	Збір з 1 га ріллі, т/га				прибуток з 1 га тис. грн/га	Рентабельність, %
	зернових	зерна	кормові одиниці	перетравний протеїн			зернових	зерна	кормові одиниці	перетравний протеїн		
Без добрив	3,95	2,37	5,38	0,39	5,51	57	4,36	3,49	6,84	0,41	9,49	81
N <sub>31</sub> P <sub>33</sub> K <sub>41</sub>	5,23	3,14	7,47	0,60	8,54	73	5,56	4,45	9,15	0,56	14,98	110
N <sub>45</sub> P <sub>49</sub> K <sub>61</sub>	5,53	3,32	8,15	0,56	9,38	73	5,92	4,74	9,58	0,59	15,30	104
N <sub>62</sub> P <sub>66</sub> K <sub>82</sub>	5,86	3,48	8,57	0,69	9,51	68	6,18	4,89	9,55	0,58	14,60	95
N <sub>82</sub> P <sub>40</sub> K <sub>46</sub>	5,89	3,54	8,59	0,69	10,4	79	6,20	4,96	9,49	0,57	15,09	102
N <sub>59</sub> P <sub>52</sub> K <sub>86</sub>	5,6	3,4	8,4	0,7	9,3	71	6,0	4,8	9,6	0,50	15,78	106

продуктивність не покриває затрати на мінеральні добрива (табл. 7).

## ВИСНОВКИ

Урожайність зернових культур у сівозмінах залежала від посівних площ, попередників, добрив та умов року. На долю погодних умов частка урожаю становила 28–34%, попередника 3–4%, добрив 56–70%.

За рахунок природної родючості чорнозему (контроль без добрив) та сівозмінного чинника врожайність пшениці озимої становила 3,0–3,45 т/га, кукурудзи на зерно – 7,2–7,41 т/га, ячменю – 2,4 т/га, гороху – 2,2 т/га, буряків цукрових – 28,0 т/га. За кращих попередників на фоні добрив отримано урожайність пшениці озимої після гороху 6,0–6,15 т/га, кукурудза

після буряків цукрових – 9,14–9,30 т/га, ячменю ярого після кукурудзи – 3,88–4,16 т/га, гороху після кукурудзи в повторному посіві – 3,42–3,60 т/га.

Кращим попередником під посів кукурудзи на фоні добрив були буряки цукрові, а на фоні без добрив кукурудза в повторному посіві, за рахунок пожнивних решток, які залишили рослини на полі. Краща доза добрив була N<sub>60</sub>P<sub>40</sub>K<sub>60</sub>, яка сформувала урожайність зерна кукурудзи – 9,7–9,4 т/га.

Найбільш оптимальна та економічно вигідна доза добрив в сівозмінах була N<sub>46</sub>P<sub>49</sub>K<sub>61</sub>, яка сприяла збільшенню урожаю зерна на 6,1%, виходу кормових одиниць – на 10,8%, отримання чистого прибутку – на 6,6% порівняно з дозою добрив N<sub>31</sub>P<sub>33</sub>K<sub>41</sub> за однакової рентабельності.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Камінський В.Ф., Сайко В.Ф. Стратегія оптимізації використання земельних ресурсів в агропромисловому виробництві України в контексті світового стабільного розвитку. *Вісник аграрної науки*. 2014. № 3. С. 5–10.
2. Коваленко А.М. Сівозміни – важлива складова ефективного використання зрошуваних земель. *Землеробство*. 2015. Вип. 1. С. 88–91.
3. Григорів Я.Я., Климчук М.М. Формування поживного режиму чорнозему опідзоленого в короткоротаційних сівозмінах. *Таврійський науковий вісник. Землеробство, рослинництво, овочівництво та багатанництво*. 2020. № 112. С.47-53. DOI <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.112.6>.
4. Бойко П.І., Мартинюк І.В., Цимбал Я.С. Становлення сівозмінних принципів у системах землеробства. *Вісник аграрної науки*. 2021. №3(816). С5–13. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202103-01>.
5. Демиденко О.В., Бойко П.І., Блащук М.І., Шаповал І.С., Коваленко Н.П. Сівозміни та родючість чорнозему Лівобережного Лісостепу: моногр. 2019. Чорнобай. 483 с.
6. Волощук О.П., Волощук І.С., Глива В.В. Вплив попередників на формування врожайних властивостей пшениці озимої в умовах Західного Лісостепу. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2013. Вип. 55. Ч. 1. С. 19–25.

7. Господаренко Г.М., Прокопчук І.В., Бойко В.П. Поживний режим ґрунту в польовій сівозміні за різного удобрення. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2019. № 1. С. 37–43.
8. Кірілеско О.Л. Ефективність систем удобрення у короткоротаційній сівозміні Лісостепу Західного України. *Корми і кормовиробництво: Міжвід. темат. наук. зб.* 2019. Вип. 87. С. 93–101.
9. Бойко П.І., Літвінов Д.В. Ефективність короткоротаційних сівозмін у сучасних системах землеробства. *Землеробство*. 2015. Вип. 2. С. 38–46.
10. Камінський В.Ф., Сайко В.Ф. Стратегія оптимізації використання земельних ресурсів в агропромисловому виробництві України в контексті світового стабільного розвитку. *Вісник аграрної науки*. 2014. № 3. С. 5–10.
11. Єщенко В.О., Копитко П.Г., Опришко В.П., Костогриз П.В. Основи наукових досліджень в агрономії: підручник. Київ: Дія. 2014. 288 с.
12. Господаренко Г.М., Черно О.Д., Любич В.В., Рябовол Я.С., Крижанівський В.Г. Урожайність та хлібопекарські властивості зерна пшениці озимої при різних дозах і строках застосування азотних добрив. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2020. № 3. С. 21–31.
13. Кіпакова Ю.О. Білоусова З.В., Кенева В.А., Коротке І.О. Вплив системи живлення на урожайність і якість зерна пшениці озимої. *Меліорація, землеробство, рослинництво*. №8. 2021. С.41–46. Doi: doi.org/10.32848/agro.innov.2021.8.6.
14. Олійник К.М., Давидюк Г.В., Клименко І.І., Дем'янюк О.С. Вплив технологій вирощування пшениці озимої на морфологічні та агрохімічні аспекти формування врожаю. *Агроекологічний журнал*. 2020. № 4. С. 95–105.
15. Польовий В.М., Лукашук Л.Я., Ященко Л.А., Ровная Г.Ф., Гук Б.В. Вплив удобрення та вапнування на продуктивність кукурудзи на зерно в короткоротаційній сівозміні на дерново-підзолистому ґрунті. *Зернові культури*. 2021. Т.5. № 1. С. 84–91. Doi: <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0163>.
16. Саверин І.В., Качмар О.Й. Продуктивність кукурудзи за різних систем удобрення в короткоротаційних сівозмінах. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2023. Вип. 73 (2). С. 91–109. DOI:10.32636/01308521.2023-(73)-2-7.
17. Господаренко Г.М., Прокопчук І.В., Бойко В.П. Вплив доз і співвідношень добрив у польовій сівозміні на врожайність і якість зерна ячменю ярого. *Зб. наук. пр. Уманського національного університету садівництва*. 2020. Вип. 96 (1). С. 205–218.
18. Щерба М.М., Кочмар О.Й., Таравська О.В. Вплив удобрення на формування продуктивності ячменю ярого в короткоротаційних сівозмінах. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2023. Вип. 74 (1). С. 140–163. DOI: 10.32636/01308521.2023-(74)-1-10.
19. Щерба М.М., Дубицька А.О., Вариневич О.В., Таравська О.В. Вплив систем удобрення на формування продуктивності зернобобових культур у короткоротаційних сівозмінах. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2022. Вип. 71. С.202–227. DOI: 10.32636/01308521.2022-(71)-2-13.
20. Тищенко М.В., Філоненко С.В. Вплив системи удобрення цукрових буряків на продуктивність короткоротаційної плодозмінної сівозміни. *Вісник ПДАА*. 2019. №3. С.11–17. doi: 10.31210/visnyk2019.03.01.
21. Войтова Г. П., Квасніцька Л. С. Ефективність зернових сівозмін зони достатнього зволоження Правобережного Лісостепу. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2021. Вип. 70 (1). С.102–115. DOI: 10.32636/01308521.2021-(70)-1-8.
22. Войтовик М.В. Продуктивність короткоротаційних сівозмін на чорноземі типовому. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка. Сільськогосподарські науки*. Вип. 3 (40) 2023. С. 15–20. DOI: <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2023-3.2>
23. Ткаченко М.А., Цимбал Я.С., Бойко П.І., Мартинюк І.В., Кудря С.О. Урожайність і продуктивність п'ятипільних сівозмін за органо-мінеральної системи інтенсифікації в умовах Лівобережного Лісостепу України. *Вісник аграрної науки*. 2023. №3 (840). С.14–20. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202303-02>.
24. Rinaldi M., Vonella A., Santamaria P. et. al. (1992) Growth analysis of sunflower (*Helianthus annuus* L.) in two-year rotations. *Ann. Ist. sper. agron.* 23. 58 p.
25. Haruna S.I., Nkongolo N.V. Tillage, cover crop and crop rotation effects on selected soil chemical properties. *Sustainability*. 2019. № 11(10). 25. 2770. doi: 10.3390/su11102770.
26. Siroshant Andrii, Kavunets Valerii, Derhachov Oleksandr, Pykalo Serhii, Ilchenk Liudmyla. Yield and Sowing Qualities of Winter Bread Wheat Seeds Depending on the Preceding Crops and Sowing Dates in the Forest–Steppe of Ukraine. *American Journal of Agriculture and Forestry*. 2021. Vol. 9. No. 2. pp. 76–82. DOI: <https://doi.org/10.10.11648/j.ajaf.20210902.15>.

## REFERENCES

1. Kaminskyi V.F., Saiko V.F. (2014). Stratehiia optymizatsii vykorystannia zemelnykh resursiv v ahropromyslovomu vyrobnytstvi Ukrainy v konteksti svitovoho stabilnogo rozvytku. *Visnyk ahrarnoi nauky*, 3, 5–10 [in Ukrainian].
2. Kovalenko A.M. (2015). Sivozminy – vazhlyva skladova efektyvnoho vykorystannia zroshuvanykh zemel. *Zemlerobstvo*, 1, 88–91 [in Ukrainian].
3. Hryhoriv Ya.Ia., Klymchuk M.M. (2020). Formuvannia pozhyvnoho rezhymu chornozemu opidzolenoho v korotkorotatsiinykh sivozminakh. *Tavriiskyi naukovyi visnyk. Zemlerobstvo, roslynnytstvo, ovochivnytstvo ta bashtannytstvo*, 112, 47–53. DOI: <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.112.6> [in Ukrainian].
4. Boiko P.I., Martyniuk I.V., Tsybmal Ya.S. (2021). Stanovlennia sivozminnykh pryntsypiv u systemakh zemlerobstva. *Visnyk ahrarnoi nauky*, 3(816), 5–13. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202103-01> [in Ukrainian].
5. Demydenko O.V., Boiko P.I., Blashchuk M.I., Shapoval I.S., Kovalenko N.P. (2019) Sivozminy ta rodiuchist chornozemu Livoberezhnogo Lisostepu. *Monohrafiia. Chornobai*. 483 p. [in Ukrainian].
6. Voloshchuk O.P., Voloshchuk I.S., Hlyva V.V. (2013). Vplyv Poperednykiv na formuvannia vrozhainykh vlastyvoستي pshenytsi ozymoi v umovakh Zakhidnogo Lisostepu. *Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynnytstvo*, 55, 1, 19–25 [in Ukrainian].
7. Hospodarenko H.M., Prokopchuk I.V., Boiko V.P. (2019). Pozhyvnyi rezhym igruntu v polovii sivozmini za riznogo udobrennia. *Visnyk Umanskoho natsionalnogo universytetu sadivnytstva*, 1, 37–43 [in Ukrainian].
8. Kirilesko O. L. (2019). Efektyvnist system udobrennia u korotkorotatsiinii sivozmini Lisostepu Zakhidnogo Ukrainy. *Kormy i kormovyrobnytstvo: Mizhvid. temat. nauk. zb.*, 87, 93–101 [in Ukrainian].
9. Boiko P.I., Litvinov D.V. (2015). Efektyvnist korotkorotatsiinykh sivozmin u suchasnykh systemakh zemlerobstva. *Zemlerobstvo*, 2, 38–46 [in Ukrainian].
10. Kaminskyi V.F., Saiko V.F. (2014). Stratehiia optymizatsii vykorystannia zemelnykh resursiv v ahropromyslovomu vyrobnytstvi Ukrainy v konteksti svitovoho stabilnogo rozvytku. *Visnyk ahrarnoi nauky*, 3, 5–10 [in Ukrainian].
11. Yeshchenko V.O., Kopytko P.H., Opryshko V.P., Kostohryz P.V. (2014). *Osnovy naukovykh doslidzhen v ahronomii: pidruchnyk*. Kyiv: Diia. 288 p. [in Ukrainian].
12. Hospodarenko H.M., Chernov O.D., Liubych V.V., Riabovol Ya.S., Kryzhanivskyi V.H. (2020). Urozhaunist ta khlibopekarski vlastyvoستي zerna pshenytsi ozymoi pry riznykh dozakh i strokakh zastosuvannia azotnykh dobryv. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii*, 3, 21–31 [in Ukrainian].
13. Kipakova Yu.O., Bilousova Z.V., Keneva V.A., Korotke I.O. (2021). Vplyv systemy zhyvlennia na urozhaunist i yakist zerna pshenytsi ozymoi. *Melioratsiia, zemlerobstvo, roslynnytstvo*, 8, 41–46. DOI: [doi:10.32848/agro.innov.2021.8.6](https://doi.org/10.32848/agro.innov.2021.8.6) [in Ukrainian].
14. Oliinyk K.M., Davydiuk H.V., Klymenko I.I., Demianiuk O.S. (2020). Vplyv tekhnolohii vyroshchuvannia pshenytsi ozymoi na morfofiziolohichni ta ahrokhimichni aspekty formuvannia vrozhaiu. *Ahroekolohichni zhurnal*, 4, 95–105 [in Ukrainian].
15. Polovyi V.M., Lukashchuk L.Ia., Yashchenko L.A., Rovnaia H. F., Huk B.V. (2021). Vplyv udobrennia ta vapnuvannia na produktyvnist kukurudzy na zerno v korotkorotatsiinii sivozmini na dernovo-podzolistitomu igruntu. *Zernovi kultury*, 5, 1, 84–91. DOI: <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0163> [in Ukrainian].
16. Saveryn I.V., Kachmar O.I. (2023). Produktyvnist kukurudzy za riznykh system udobrennia v korotkorotatsiinykh sivozminakh. *Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynnytstvo*, 73 (2), 91–109. DOI: [10.32636/01308521.2023-\(73\)-2-7](https://doi.org/10.32636/01308521.2023-(73)-2-7) [in Ukrainian].
17. Hospodarenko H.M., Prokopchuk I.V., Boiko V.P. (2020). Vplyv doz i spivvidnoshen dobryv u polovii sivozmini na vrozhaunist i yakist zerna yachmeniu yarohe. *Zb. nauk. pr. Umanskoho natsionalnogo universytetu sadivnytstva*, 96 (1), 205–218 [in Ukrainian].
18. Shcherba M.M., Kochmar O.I., Taravska O.V. (2023). Vplyv udobrennia na formuvannia produktyvnosti yachmeniu yarohe v korotkorotatsiinykh sivozminakh. *Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynnytstvo*, 74 (1), 140–163. DOI: [10.32636/01308521.2023-\(74\)-1-10](https://doi.org/10.32636/01308521.2023-(74)-1-10) [in Ukrainian].
19. Shcherba M.M., Dubytska A.O., Varynovych O.V., Taravska O.V. (2022). Vplyv system udobrennia na formuvannia produktyvnosti zernobobovykh kultur u korotkorotatsiinykh sivozminakh. *Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynnytstvo*, 71, 202–227. DOI: [10.32636/01308521.2022-\(71\)-2-13](https://doi.org/10.32636/01308521.2022-(71)-2-13) [in Ukrainian].
20. Tyshchenko M.V., Filonenko S.V. (2019). Vplyv systemy udobrennia tsukrovyykh buriakiv na produktyvnist korotkorotatsiinoi pl odozminnoi sivozminy. *Visnyk PDAA*, 3, 11–17. doi: [10.31210/visnyk2019.03.01](https://doi.org/10.31210/visnyk2019.03.01) [in Ukrainian].
21. Voitova H.P., Kvasnitska L.S. (2021). Efektyvnist zernovykh sivozmin zony dostatnogo zvolozhennia Pravoberezhnogo Lisostepu. *Peredhirne ta hirske*

- zemlerobstvo i tvarynnytstvo*, 70 (1), 102–115. DOI: 10.32636/01308521.2021-(70)-1-8 [in Ukrainian].
22. Voitovyk M.V. (2023). Produktyvnyist korotkorotatsiinykh sivozmin na chornozemi typovomu. *Podilskyi visnyk: silske hospodarstvo, tekhnika, ekonomika. Silskohospodarski nauky*, 3 (40), 15–20. DOI: <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2023-3.2> [in Ukrainian].
  23. Tkachenko M.A., Tsymbal Y.S., Boyko P.I., Martyniuk I.V., Kudria S. (2023). Yield and productivity of five-field crop rotations under the organic-mineral intensification system in the conditions of the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine. *Bulletin of Agrarian Science*, 3 (840), 1420. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202303-02> [in Ukrainian].
  24. Rinaldi M., Vonella A., Santamaria P. et al. (1992). Growth analysis of sunflower (*Helianthus annuus* L.) in two-year rotations. *Ann. Ist. sper. agron.*, 23, 58 [in English].
  25. Haruna S.I., Nkongolo N.V. (2019). Tillage, cover crop and crop rotation effects on selected soil chemical properties. *Sustainability*, 11(10), 25, 2770. doi: 10.3390/su11102770 [in English].
  26. Siroshthan Andrii, Kavunets Valerii, Derhachov Oleksandr, Pykalo Serhii, Ilchenk Liudmyla (2021). Yield and Sowing Qualities of Winter Bread Wheat Seeds Depending on the Preceding Crops and Sowing Dates in the Forest-Steppe of Ukraine. *American Journal of Agriculture and Forestry*, 9, 2, 76–82. DOI: <https://doi.org/10.10.11648/j.ajaf.20210902.15> [in English].

**Demydenko O.V., Shapoval I.S., Yarmilko S.A.**

### **Nutrition system and crop productivity in five-field crop rotations of the left-bank Forest-Steppe**

**Aim.** To investigate the influence of the nutrition system and predecessors on crop yields and crop rotation productivity in the conditions of unstable moisture zone of the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine. **Methods.** Generally accepted – field, laboratory, mathematical, comparative and calculation. **Results.** It was established that five-field crop rotations: A – perennial grasses – winter wheat – sugar beet – corn for grain – spring barley, B – peas – winter wheat – sugar beet – corn for grain – corn for grain due to the crop rotation factor and natural soil fertility on average for 2016–2020. ensured winter wheat yields of 3.3–3.5 t/ha, corn after sugar beet – 7.2–7.28 t/ha, corn in re-sowing – 7.41 t/ha, spring barley – 2.4 t/ha, peas for grain – 2.2 t/ha, sugar beet – 28.0–28.2 t/ha. These data can be used to calculate the nutrition system in the farms of the Left Bank Forest-Steppe of Ukraine. **Conclusions.** It was found that the most optimal and cost-effective dose of fertilizers per 1 ha of arable land N45P49K61 in the ratio of 0.92:1.0:1.24 contributed to an increase in grain yield by 6.1%, fodder units by 10.8%, and net profit by 6.6% compared to the dose of fertilizers  $N_{31}P_{33}K_{41}$ , double dose of fertilizers and calculated doses of fertilizers with different ratios of nutrients, although they increase the yield, do not cover the cost of fertilizers. The productivity of the crop rotation area per 1 ha of arable land was higher in the crop rotation with a saturation of 80% of cereals, including 40% of corn for grain, 20% of industrial crops, and 20% of legumes.

**Key words:** winter wheat, corn, sugar beet, fertilizers, grain, profit, cost, profitability.

### **ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ**

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

**Шаповал І.С.**, кандидат с.-г. наук, ст. н. с., провідний науковий спеціаліст, Черкаська державна сільськогосподарська дослідна станція ННЦ «ІЗ НААН», ORCID: 0009-0005-0154-0310.

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

**Shapoval I.S.**, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Leading Scientific Specialist, Cherkasy State Agricultural Research Station, NSC «Institute of Agriculture of NAAS», ORCID: 0009-0005-0154-0310.

**Ярмілко С.А.**, науковий спеціаліст, завідувач відділу землеробства і землеустрою, Черкаська державна сільськогосподарська дослідна станція ННЦ «ІЗ НААН», ORCID: 0000-0003-3259-0757.

**Yarmilko S.A.**, scientific specialist, head of the department of agriculture and land management, Cherkasy State Agricultural Research Station, NSC «Institute of Agriculture of NAAS», ORCID: 0000-0003-3259-0757.

Надійшла 18.05.2025

## ВПЛИВ СТРУКТУРИ ЛАНДШАФТУ ЗАПЛАВ МАЛИХ РІЧОК НА МІНЕРАЛІЗАЦІЮ ОРГАНІЧНОЇ РЕЧОВИНИ ДРЕНОВАНИХ ОРГАНОГЕННИХ ҐРУНТІВ

І.Т. Слюсар<sup>1</sup>, В.О. Сербенюк<sup>1</sup>, О.П. Соляник<sup>1</sup>, С.В. Гелевера<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ННЦ «ІЗ НААН» (с-ще Чабани, Україна)

<sup>2</sup> Панфільська дослідна станція ННЦ «ІЗ НААН» (с. Панфіли, Бориспільський р-н Київська обл., Україна)

**Мета.** Визначити особливості антропогенного впливу, структури ландшафту і способів використання дренованих староорних органогенних ґрунтів заплави малих річок на мінералізацію органічної речовини, виділення карбонових газів, забруднення ґрунтових і річкових вод біогенними речовинами, встановити рівень продуктивності енергетичних культур та виявити закономірності спрацювання торфовищ. **Методи.** Польовий із комплексом біометричних; агрохімічний, лабораторний, математично-статистичний. **Результати.** Встановлено, що меліоративна система незалежно від способу використання дренованих органогенних ґрунтів забезпечувала водний режим ґрунту під досліджуваними видами біоценозів протягом вегетації в оптимальних межах. Розкладання льонової тканини незалежно від пори року під однорічними культурами був значно вищим, ніж під деревними плантаціями. Найбільше рухомих сполук азоту у ґрунтовій воді вимивалося під однорічними культурами, а найменше – під плантаціями верби, вимивання калію мало зворотну залежність. Найпродуктивнішою культурою виявився міскантус гігантський. **Висновки.** Вміст в органогенному ґрунті рухомих сполук калію і фосфору був значно вищим під плантаціями деревних культур та міскантуса, а азоту – мав зворотну залежність порівняно з однорічними культурами, розкладання льонової тканини було вищим під однорічними культурами, ніж під деревними, а у посушливі роки мали протилежну залежність. Найбільше біогенних речовин вимивалося у ґрунтовій воді під посівами однорічних культур, а найменше під плантаціями верби. Найпродуктивнішою енергетичною культурою виявився міскантус гігантський з урожайністю 33–40 т сухої маси за рік проти плантацій верби, яка забезпечувала подібну врожайність за два роки.

**Ключові слова:** вимивання біогенних речовин, урожайність, вологість ґрунту, енергетичні культури.

**Вступ.** Значний антропогенний вплив на довкілля, особливо в басейнах малих річок, призвів до істотного порушення екологічних показників (нормативів) якості річкових вод, які склалися у біосфері тисячоліттями [1; 2]. Питанню ефективного використання дренованих органогенних ґрунтів в аграрній сфері приділено багато наукових досліджень [2; 3], проте про використання цих земель для вирощування енергетичних культур та його вплив на екологію довкілля маємо обмежені дослідження. Особливо ця проблема актуальна в сучасних умовах на староорних органогенних ґрунтах. Виявлено, що в період потепління клімату, загострення енергетичних проблем та екології довкілля у світі [4–6], важливо з'ясувати вплив способів використання органогенних ґрунтів,

особливо вирощування енергетичних культур (верби, тополі, міскантуса) порівняно з традиційними технологіями вирощування сільськогосподарських культур на заплавах торфовищах (у сівозміні і поза нею) на інтенсивність мінералізації торфу та виділення карбонових газів в атмосферу [7–8]. Дослідження цих процесів має важливе теоретичне і практичне значення.

Аналізуючи наведене вище, можна зазначити, що важливим для дослідження ефективних способів використання дренованих органогенних заплави ґрунтів з урахуванням екології довкілля, є пошук ефективних технологічних рішень створення високоефективних енергетичних плантацій верби прутівидної і тритичинкової та міскантуса гігантського,

які б забезпечували зменшення надлишкової мінералізації торфових ґрунтів та вимивання біогенних речовин у ґрунтові води з високою продуктивністю енергетичних плантацій.

**Мета досліджень.** Визначити ефективні заходи впливу технологічних способів використання дренажних староорних органічних ґрунтів на інтенсивність мінералізації торфовищ, виділення карбонів газів та забруднення ґрунтових і річкових вод біогенними речовинами з одночасним отриманням високих урожаїв біомаси енергетичних культур.

**Матеріали та методи досліджень.** Дослідження проводилися у стаціонарному досліді з вивчення продуктивності енергетичних культур на дренажних органічних староорних карбонатних заплавах ґрунтах на Панфільській дослідній станції ННЦ «ІЗ НААН», Бориспільського р-ну Київської обл.

Органогенний ґрунт дослідних ділянок рогозо-осокового походження завглибшки близько 2,0–2,5 м з високим (60–65%) ступенем розкладу, підстилаюча материнська порода – оглеєний алювіальний легкий суглинок, повна вологоємність ґрунту сягає 270–283%, щільність складання ґрунту – 0,215 г/см<sup>3</sup>. Валовий вміст азоту у торфовому ґрунті становить 1,9%, фосфору – 0,45, калію – 0,17, кальцію – 26–30%, зольність – 40–45%, рН водного розчину – 7,2–7,4. Загалом ґрунт добре забезпечений рухомими формами азоту, має середню забезпеченість фосфором (за рахунок віванітових прошарків) і має дуже обмежений вміст калію.

Дослідження проводили за загальноприйнятими методиками [9] у триразовій повторності, розміщення

варіантів і повторень систематичне. Відбір та підготовку зразків ґрунту для визначення агрохімічних та водно-фізичних властивостей ґрунту здійснювали згідно з ДСТУ ISO 10381-6-2001. Зразки ґрунту відбиралися з 0–30 см шару ґрунту два рази за вегетацію. Вологість ґрунту визначали термостатно-ваговим методом за ДСТУ ISO 11465:2021. Щільність ґрунту аналізували ваговим методом за допомогою об'ємного циліндра, повну вологоємність – ваговим методом [10]. Рівні ґрунтових вод заміряли через кожні 5 днів у водомірних колодязях.

Дихання ґрунту визначали за виділенням CO<sub>2</sub> методом В.І. Штатнова, інтенсивність дихання кореневої системи методом Бойсен-Іенса. Для перерахунку інтенсивності мінералізації органічної речовини використовували коефіцієнт 0,543, який відповідає 50,2% органічної речовини торфу, ДСТУ 4289:2004. Біологічну активність ґрунту в дослідженнях вивчали методом аплікацій льонової тканини, яку закладали на глибину 0–30 см і кількісно визначали інтенсивність її розкладання за експозиційний період.

У ґрунтових зразках вміст нітратного азоту виявляли за методом Грандвальд-Ляжу з дисульфохеноловою кислотою згідно з ДСТУ 4725-2007, вміст амонійного азоту методом екстрагування розчином хлориду калію за ДСТУ ISO 14256-1:2003. Вміст рухомих сполук фосфору і калію методом полуменевої фотометрії вуглеамонійної витяжки за Б.Т. Мачигінім, ДСТУ 4114-2002. Математичну обробку досліджень проводили методом дисперсійного аналізу [9].

Погодні умови в роки досліджень в районі дослідних ділянок характеризувалися підвищеними

**Таблиця 1. Метеорологічні показники в районі проведення досліджень за даними Яготинської ГМС**

Місяць	Температура повітря за роками, °С					Опади, за роками мм				
	2021	2022	2023	2024	Середньо-багаторічні показники	2021	2022	2023	2024	Середньо-багаторічні показники
Квітень	7,4	7,9	9,6	12,4	8,3	49	66	83	83	35
Травень	14,3	14,0	14,9	15,4	15,0	90	18	10	10	49
Червень	20,5	20,9	19,3	21,2	18,1	84	45	60	55	62
Липень	23,7	20,0	20,7	24,4	19,4	51	67	162	33	69
Серпень	21,0	21,9	22,4	22,0	18,6	43	36	50	39	66
Вересень	12,9	12,2	17,6	19,9	13,6	30	122	26	2	46
Жовтень	7,3	9,2	10,6	10,6	7,5	38	48	72	85	35
Середнє за квітень–жовтень	15,3	15,2	16,5	18,0	14,3	385	402	463	307	362

**Таблиця 2. Глибина залягання ґрунтових вод, см від поверхні ґрунту**

Місяць	Рік			
	2021	2022	2023	2024
Квітень	57	75	70	74
Травень	77	92	88	98
Червень	92	122	109	131
Липень	124	152	122	149
Серпень	163	173	109	191
Вересень	175	165	160	189
Жовтень	144	108	166	167
Середнє за квітень–жовтень	119	127	118	143

середньомісячними показниками (табл. 1) проти багаторічних. Так температура повітря за квітень–жовтень становила 15,2–18,0 °С (за норми 14,3 °С) та близькими до норми (362 мм) атмосферними опадами: 2021 р.–385 мм, 2022–362, 2003–463, 2004–307 мм. Загалом найсухішим та найтеплішим виявився 2024 р. (середня температура повітря за квітень–вересень сягала 19,2 °С).

**Результати та їх обговорення.** Важливим чинником у ґрунтових процесах, особливо торфових ґрунтів, є водний режим, який істотно впливає на біологічні та хімічні показники [11–13]. Глибина залягання рівнів ґрунтових вод на дослідках коливалася у 2021 р. у межах 57–175 см, у 2022–75–173 см, у 2023–70–166 см і у 2024 р.–74–189 см від поверхні ґрунту (табл. 2). Вологість ґрунту знаходилася у межах 41–90% ПВ, за нижньої оптимальної вологості фрунту–40% ПВ та верхньої межі–80% ПВ (табл. 3) [14; 15]. Загалом водний режим ґрунту перебував в оптимальних межах для вирощування сільськогосподарських культур, лише в окремі періоди вологість ґрунту опускалася за межі 40% ПВ, але це був короткий період на насадженнях міскантусу (не перевищував однієї декади), враховуючи його потужну кореневу систему та неглибоке залягання ґрунтових вод, за зовнішнім виглядом рослини негативу не спостерігали. Це пов'язано з тим, що у бездощовий період за опускання рівнів ґрунтових вод до критичної глибини (110–120 см від поверхні ґрунту) для зволоження плантацій із магістрального каналу шляхом шлюзування подавалася додаткова вода.

**Таблиця 3. Вологість староорного органогенного ґрунту залежно від виду культури та строку відбору (0–30 см шар), 2021–2024 рр., % від повної вологості**

Культура	Рік	Травень	Червень	Липень	Серпень	Вересень	Жовтень
Верба тритичинкова	2021	84	–	64	60	61	69
	2022	80	79	76	66	65	–
	2023	56	41	58	56	45	44
	2024	90	78	61	82	60	68
Тополя Robusta'	2021	80	–	54	42	48	63
	2022	80	67	60	50	48	–
	2023	47	45	46	45	38	37
	2024	82	54	39	67	43	68
Міскантус	2021	80	–	54	38	41	47
	2022	79	62	49	54	47	–
	2023	47	35	39	38	36	35
	2024	80	66	49	70	43	69
Багаторічні трави, беззмінний посів	2021	79	–	63	48	48	76
	2022	69	60	60	60	51	–
	2023	63	33	64	50	40	42
	2024	90	63	45	66	44	77
Однорічні культури (соя)	2021	79	–	60	47	50	79
	2022	78	73	68	68	78	–
	2023	63	44	57	59	51	51
	2024	90	80	58,5	78	54	79

За перезволоження ґрунту в період інтенсивних дощів та після зимово-весняних накопичувань вологи по цих самих каналах надлишкова вода відводилася у водоприймач (магістральний канал). Тому, на органічних ґрунтах у цьому процесі має велике значення процес мінералізації торфу та накопичення і рух біогенних речовин до ґрунтових і річкових вод, що, своєю чергою, пов'язано з їхнім забрудненням [18].

Інтенсивне сільськогосподарське використання органічних ґрунтів сприяє підвищеній мінералізації органічної речовини, яка насамперед тісно пов'язана з родючістю ґрунту, врожайністю культур та екологією довкілля. Наявність біогенних речовин у ґрунтових та річкових водах, а також інтенсивність мінералізації органічної речовини торфовищ, істотно залежить від складу мікрофлори та біологічної активності ґрунту, і розподілу її за профілем ґрунту [12–15]. Крім того, на ці процеси активно впливають не тільки внесені види і дози мінеральних добрив, а і самі вирощувані культури (табл. 4).

Спостерігається збільшення рухомих форм фосфору і калію за внесення мінеральних добрив, тоді як за внесення азотних добрив чіткої залежності не спостерігали. Таке явище пов'язано з різним споживанням азоту культурами та різною мінералізацією органічної речовини під цими культурами. Так, найбільше біомаси за вегетацію накопичувала верба тритичинкова 38,0–39,5 т сухої біомаси (табл. 5), а отже вона найбільше і споживала азоту. До того ж, очевидно, кущі рослин верби добре затіняли поверхню ґрунту, яка слабше прогрівалася. Чинник тепла дуже

важливий для мікробіологічних процесів. Отже, знижувався процес мінералізації торфу та накопичення рухомих сполук азоту, який є основою накопичення біомаси. Найменше рухомого азоту, як за внесення мінеральних добрив, так і без них, було відмічено на посівах багаторічних трав (45–51 мг на 1 кг сухого ґрунту).

Дослідження з вивчення мінералізації (табл. 5, 6) не проводилися у 2021 та 2022 рр. через ризик впливу попередніх способів використання та інших чинників на результати.

Спостереження за мінералізацією органічної речовини торфового ґрунту вивчали методом аплікації за експозиційний період із визначенням сумарної біологічної активності ґрунту. Результати досліджень показали, що інтенсивність розкладання льонової тканини під різними сільськогосподарськими культурами була різною, що свідчить про різне формування мікробіологічних процесів у ґрунті відповідно до біологічних особливостей кожної культури, які можуть посилювати або знижувати ці процеси [16–18].

Нами виявлено, що активність розкладання тканини змінювалася залежно від вирощуваних культур, строків спостережень (осінь чи весна) та мінерального удобрення. Так, у 2022 р. під посівами однорічних культур процес мінералізації льонової тканини на ділянках без добрив сягав 31,6%, під міскантусом гігантським – 25, 7% і під багаторічними травами 19,8%, тоді як під вербою, майже в два рази менше – 14,6%. А з унесенням мінеральних добрив показники мінералізації органічної маси знизилися

**Таблиця 4. Вплив вирощуваних культур та удобрення на вміст поживних речовин у ґрунті (0–30 см шар), мг на 1 кг сухого ґрунту, середнє за 2021–2024 рр.**

Культура	Удобрення	Поживні речовини			
		N-NO <sub>3</sub>	N-NH <sub>4</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Верба тритичинкова	Без добрив	102	54	85	429
	НПК	93	34	88	616
Тополя Robusta'	без добрив	43	27	48	543
	НПК	71	37	87	602
Міскантус	без добрив	42	48	82	467
	НПК	76	47	115	707
Багаторічні трави, беззмінний посів	Без добрив	51	45	76	141
	НПК	50	45	135	317
Однорічні культури (соя)	Без добрив	92	36	44	145
	НПК	70	76	72	219
НІР <sub>05</sub>		4,8	4,1	4,1	37,0

Таблиця 5. Вплив видів антропогенних ландшафтів та удобрення на мінералізацію органічної маси дренажних торфових ґрунтів

Культура	Удобрення	Весна			% мінералізації	Осінь			% мінералізації
		вага тканини, г				вага тканини, г			
		до закопування	після вико- пування	мінералізувалося		до закопування	після викопування	мінералізувалося	
<b>2022 р., експозиція навесні – 36 днів, восени 68 днів</b>									
Верба тритичинкова	Без добрив	11,54	9,85	1,69	14,6	7,17	5,0	2,17	30,3
	НРК	11,60	10,29	1,31	11,3	7,25	5,98	1,27	17,5
Тополя Robusta'	Без добрив	9,05	8,11	0,94	10,4	10,26	8,56	1,70	16,6
	НРК	6,18	5,55	0,63	10,2	8,41	6,67	1,74	20,7
Міскантус	Без добрив	9,56	7,10	2,46	25,7	8,16	5,07	3,09	37,9
	НРК	8,83	6,78	2,05	23,2	9,70	4,20	5,50	56,7
Багаторічні трави, беззмінний посів	Без добрив	11,71	8,39	2,32	19,8	7,90	4,76	3,14	39,7
	НРК	9,21	7,25	1,96	21,3	8,83	6,10	2,73	30,9
Однорічні культури (соя)	Без добрив	8,35	5,71	2,64	31,6	6,04	2,24	3,80	62,9
	НРК	9,97	7,60	2,37	23,8	6,48	4,17	2,31	35,6
<b>2023 р., експозиція навесні – 37 днів, восени 37 днів</b>									
Верба тритичинкова	Без добрив	6,62	4,32	2,30	34,7	5,43	3,90	1,53	28,1
	НРК	7,35	4,95	2,40	32,6	59,4	3,71	2,23	34,5
Тополя Robusta'	Без добрив	6,10	5,49	0,61	10,0	9,21	7,01	2,20	23,9
	НРК	5,7	4,29	1,41	24,70	9,19	7,08	2,11	22,9
Міскантус	Без добрив	5,53	4,09	1,64	28,6	5,24	3,79	1,45	27,6
	НРК	6,12	3,76	2,36	38,6	5,02	4,02	1,0	19,9
Багаторічні трави, беззмінний посів	Без добрив	6,95	5,68	1,27	18,3	6,17	3,37	2,80	45,3
	НРК	7,75	6,12	1,63	21,0	5,86	3,01	2,85	48,6
Однорічні культури (соя)	Без добрив	4,80	2,86	1,94	40,4	5,83	3,34	2,49	42,7
	НРК	5,10	3,78	1,32	25,9	5,62	3,31	2,31	41,1
<b>2024 р., експозиція навесні – 33 днів, восени 37 днів</b>									
Верба тритичинкова	Без добрив	4,92	3,17	1,74	35,4	11,89	9,31	2,58	21,7
	НРК	5,48	4,09	1,39	25,3	13,35	9,11	4,24	31,7
Тополя Robusta'	Без добрив	6,07	5,56	0,50	8,2	11,27	8,91	2,37	21,0
	НРК	5,73	5,12	0,60	10,5	11,17	9,41	1,76	15,7
Міскантус	Без добрив	5,85	3,11	2,73	46,7	12,06	10,91	1,14	9,4
	НРК	5,80	4,52	11,27	21,9	11,93	10,84	1,09	9,1
Багаторічні трави, беззмінний посів	Без добрив	7,24	7,14	0,60	7,7	10,77	9,51	1,26	11,7
	НРК	5,91	4,64	1,27	24,5	11,37	10,03	1,34	11,2
Однорічні культури (соя)	Без добрив	5,84	4,84	1,00	17,1	11,78	10,96	0,82	7,0
	НРК	5,87	4,65	1,22	20,8	11,50	10,35	1,15	10,0

і становили відповідно—23,8%; 23,2; 21,3 і 11,3%. Подібна залежність спостерігалася і в осінній період, але зі значно вищими показниками відповідно без внесення добрив—62,9%; 37,9; 39,7; 30,3%. Та з унесенням мінеральних добрив—35,6%; 56,7; 30,9 та 17,5%. Подібну залежність мінералізації тканини спостерігали і у 2023 р., тоді як у 2024 р. мали зворотну залежність. На нашу думку, це пов'язано з температурою та водним режимом ґрунту. Як ми відмічали вище, 2024 р. характеризувався меншою кількістю опадів та підвищеною температурою повітря. У посушливий рік поверхневий шар ґрунту під плантаціями деревних культур був значно затінений кроною деревних культур, а під однорічними та багаторічними трав'янистими культурами поверхня полів була

відкритою до сонячного світла. Такий стан істотно впливав на вологість поверхнього шару ґрунту і, як наслідок, знижував біологічну активність ґрунту, що і призводило до зниження мінералізації торфу.

Загалом, аналіз даних табл. 6, показує, що за 2023–2024 рр. чітко спостерігається зменшення інтенсивності мінералізації льонової тканини від ділянок з вирощуванням однорічних культур до плантацій під деревними культурами. Закладання льонової тканини у зимовий період 2023–2024 рр. показало, що процес мінералізації тканини у цей період не припинявся, хоча проходив дуже повільно.

Спостерігаючи за біологічною активністю ґрунту можна відмітити, що зі старінням багаторічних травостоїв відбувається поступове зниження активної

**Таблиця 6. Мінералізація органічної маси дренажного торфяного ґрунту залежно від способу використання та удобрення за методом виділення CO<sub>2</sub> з ґрунту**

Культура	Удобрення	Виділення CO <sub>2</sub> з ґрунту та кореневої системи, кг на 1 га		Виділення CO <sub>2</sub> з ґрунту, кг на 1 га		Виділення CO <sub>2</sub> кореневою системою, %	Мінералізація торфу за 186 днів, т на 1 га
		за добу	за вегетацію	за добу	за вегетацію		
<b>2023 р.</b>							
Верба тритичинкова	Без добрив	84,9	15,78	17,29	3,22	20	8,57
	NPK	94,3	17,54	6,29	1,17	7	9,52
Тополя Robusta'	Без добрив	89,6	16,66	7,86	1,46	9	9,05
	NPK	83,3	15,49	12,57	2,34	15	8,41
Міскантус	Без добрив	59,7	11,11	7,86	1,46	13	6,03
	NPK	56,6	10,52	9,43	1,75	17	5,71
Багаторічні трави, беззмінний посів	Без добрив	94,3	17,54	7,86	1,46	8	9,52
	NPK	92,7	17,24	7,86	1,46	8	9,36
Однорічні культури (соя)	Без добрив	94,3	17,54	6,29	1,17	7	9,52
	NPK	99,0	18,41	11,00	2,05	11	10,00
<b>2024 р.</b>							
Верба тритичинкова	Без добрив	57,8	10,70	49,50	9,23	16	3,10
	NPK	47,0	8,77	40,90	7,60	15	4,13
Тополя Robusta'	Без добрив	45,6	8,48	37,70	7,01	21	3,81
	NPK	64,3	11,98	51,9	9,65	24	5,24
Міскантус	Без добрив	48,7	9,06	40,9	7,60	19	44,13
	NPK	31,4	5,85	22,0	4,09	43	2,22
Багаторічні трави, беззмінний посів	Без добрив	58,0	10,81	50,3	9,35	16	5,08
	NPK	5,40	9,35	42,4	7,89	19	4,29
Однорічні культури (соя)	Без добрив	23,5	4,09	15,7	2,92	40	1,59
	NPK	36,2	6,72	25,1	4,68	44	2,54
НІР <sub>05</sub>					0,18	1,4	0,25

діяльності мікрофлори та загальної біологічної активності органогенних ґрунтів, що проявляється, як у зниженні виділення вуглекислого газу, так і у зниженні інтенсивності розкладання льонової тканини.

Виділення  $\text{CO}_2$  з ґрунту залежить від багатьох чинників і, насамперед від температури, вологості ґрунту, його родючості, кількості та складу в ньому органіки, потужності кореневої системи, виду культури, мінералізації ґрунту тощо. Отже, інтенсивність дихання ґрунту змінюється у часі та істотно залежить від способу використання дренажних органогенних ґрунтів. До цього дослідження (мінералізація органічної маси торфовищ) слід додати, що закономірності мінералізації та чинники, які на неї впливають збігаються, хоча і мають різні за величиною показники (табл. 5, 6).

Інтенсивність виділення  $\text{CO}_2$  з ґрунту протягом вегетації (186 днів) 2023 р. під усіма видами культур була значно меншою, ніж у посушливому 2024 р. Щодо виділення  $\text{CO}_2$  під різними культурами, то слід відмітити, що у засушливий 2024 р. найменше виділялося  $\text{CO}_2$  під посівами однорічних культур (2,92–4,68 кг на 1 га), а найбільше, під плантацією верби тритичинкової (7,60–9,23 кг на 1 га). У рік зі зволоженістю близько норми, найменше виділялося  $\text{CO}_2$  на удобрених ділянках багаторічних трав–1,46 кг на 1 га та на неудобрених ділянках однорічних культур 1,17 кг  $\text{CO}_2$  на 1 га.

Важливим екологічним показником у використанні дренажних органогенних ґрунтів, є вимивання біогенних речовин з ґрунту у ґрунтові води. Нами виявлено (табл. 7), що найбільше вимивалося у дренажні води нітратного азоту під однорічними культурами у весняний період (97,6–99,0 мг на 1 л дренажної води). Також вимивалося досить значна кількість солей  $\text{Na}_2\text{O}$ , практично однаково під усіма іншими культурами–45,5–60,5 мг на 1 л дренажної води. Вимивання рухомих сполук фосфору і калію було у значно менших показниках (0,1–8,6 мг на 1 л води). В осінній період вимивання більшості солей значно знизилася, особливо солей нітратного азоту та  $\text{Na}_2\text{O}$ , а підвищилася кількість солей у дренажній воді азоту і калію.

Спостереження за вимиванням з ґрунту поживних речовин під різними ландшафтами басейнів малих річок показує, що найбільше вимивалося у весняний період солей нітратного азоту (97,6–99,0 мг на 1 л води) під однорічними культурами, а найменше під плантаціями верби прутувидної (1,6–13,1 г на 1 л води). У той самий час, незалежно від мінерального удобрення вимивання рухомих сполук калію мали зворотну залежність, що очевидно пов'язано з інтенсивним споживанням солей калію однорічними культурами у весняно-літній період під час інтенсивного наростання біомаси однорічних культур. Вимивання біогенних речовин під плантаціями

**Таблиця 7. Вплив способів використання дренажних органогенних ґрунтів на вимивання біогенних речовин у ґрунтові води, середнє за 2021–2024 рр., мг на 1 л води**

Культура	Удобрєння	Біогенні речовини							
		N–NO <sub>3</sub>		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		K <sub>2</sub> O		Na <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	
		весна	осінь	весна	осінь	весна	осінь	весна	осінь
Верба тритичинкова	Без добрив	1,6	сліди	0,3	1,7	8,6	12,3	55,2	44,2
	НПК	13,1	2,3	8,7	2,2	7,7	25,9	58,8	43,6
Тополя Robusta'	Без добрив	11,2	сліди	0,3	1,3	4,2	12,4	55,9	33,9
	НПК	50,4	40,7	0,4	1,1	3,4	38,7	60,5	41,1
Міскантус	Без добрив	2,9	сліди	0,1	0,9	3,7	10,5	44,2	35,1
	НПК	2,2	сліди	0,7	1,9	2,2	15,5	45,9	40,4
Багаторічні трави, беззмінний посів	Без добрив	2,9	1,5	0,4	0,9	3,5	19,5	52,4	34,5
	НПК	19,2	13,2	0,6	0,7	7,5	13,3	56,0	35,0
Однорічні культури (соя)	Без добрив	99,0	2,4	0,8	1,8	3,6	11,9	45,5	43,4
	НПК	97,6	14,8	1,8	3,6	4,1	13,7	47,8	32,9
Осушувальна канава		2,0	–	1,4	–	2,2	–	46,6	–
НП <sub>05</sub>		–	–	0,08	0,07	0,8	1,3	2,4	2,1

Таблиця 8. Урожайність енергетичних та сільськогосподарських культур залежно від удобрення

Культура	Удобрення	Урожай сухої маси за роками, т/га				середнє	Енергетична продуктивність за роками, ГДж/га				середнє
		2021	2022	2023	2024		2021	2022	2023	2024	
Верба тритичинкова дворічного зрізування	без добрив	36,6	34,6	34,7	35,7	35,4	622	588	589	606	601
	N <sub>45</sub> P <sub>60</sub> K <sub>180</sub>	39,5	38,0	37,3	37,5	38,1	671	646	642	637	649
Тополя Robusta' дворічного зрізування	без добрив	32,2	–	33,4	34,6	33,4	547	–	567	587	567
	N <sub>45</sub> P <sub>60</sub> K <sub>180</sub>	38,1	–	39,5	42,4	40,0	647	–	665	852	721
Міскантус	без добрив	17,4	18,5	18,6	18,7	18,3	296	315	316	318	311
	N <sub>45</sub> P <sub>60</sub> K <sub>180</sub>	31,1	30,8	19,4	25,6	26,7	529	524	500	435	497
Багаторічні трави, беззмінний посів	без добрив	6,5	6,2	7,7	6,9	6,8	111	106	131	118	117
	N <sub>45</sub> P <sub>60</sub> K <sub>180</sub>	10,8	11,1	11,9	11,2	11,3	184	189	201	191	191
Однорічні культури (жито озиме)	без добрив	3,9	3,8	3,3	3,5	3,6	67	65	56	60	62
	N <sub>45</sub> P <sub>60</sub> K <sub>180</sub>	5,8	6,0	6,2	5,2	6,1	99	102	105	89	99
НІР <sub>0,5</sub>		0,22	0,23	0,19	0,30		–	–	–	–	

\* Примітка. Урожайність за два роки.

міскантусу гігантського знаходилося в межах середніх показників щодо однорічних культур.

З метою загальної оцінки ефективності використання староорних органогенних ґрунтів з елементами природоохоронних чинників нами проводилося щорічне збирання урожаю досліджуваних плантацій та оцінка їхньої енергетичної продуктивності (табл. 8).

Дослідженнями виявлено, що найбільший щорічний вихід біомаси отримано з плантацій міскантусу гігантського, який у середньому за 4 роки становив на неудообрених ділянках 18,3, а за внесення N<sub>45</sub>P<sub>60</sub>K<sub>120</sub> – 26,7 т на 1 га, тоді як під плантаціями верби, відповідно за 1 рік, мали врожайність сухої маси 17,7 т на 1 га на неудообрених ділянках, а за внесення мінеральних добрив 19,0 т на 1 га сухої маси. Таку саму закономірність мали і за виходом енергетичних показників.

У плантаціях верби обох видів спостерігали випадання рослин верби, починаючи з 2010–2011 рр. вирощування. З метою запобігання зниження врожайності плантації верби потребують щорічної підсадки новими рослинами.

## Висновки

Дослідженнями впливу способів використання антропогенних ландшафтів у заплавах малих річок на водний і поживний режими та біологічну активність ґрунту, екологію довкілля та продуктивність енергетичних плантацій виявлено, що за вищої від

середньобагаторічної температури повітря (квітень–травень) на 0,9–3,7 °С та за близькими до норми опадами 389 мм, вологість активного шару ґрунту знаходилася в оптимальних межах – 41–49 ПВ (за норми 40–80% ПВ) та глибиною залягання ґрунтових вод – 118–143 см від поверхні ґрунту за рекомендованої норми осушування 80–140 см від поверхні ґрунту.

Вміст у ґрунті рухомих сполук калію та фосфору був значно вищим під плантаціями деревних культур та міскантусу, а вміст рухомих сполук азоту мав зворотну залежність, порівняно з однорічними культурами.

Розкладання льонової тканини у середні за вологістю роки (2022–2023 рр.) незалежно від пори року під однорічними культурами був значно вищим (50–60%), ніж під деревними. Подібну залежність спостерігали і за мінералізацією органічної речовини торфового ґрунту, а у посушливі роки (2024 р.) мали зворотну залежність.

Найбільше (97,6–99,0 мг на 1 л води) нітратного азоту з ґрунту у ґрунтові води вимивалося весною під однорічними культурами, а найменше під плантаціями верби (1,6–13,1 мг на 1 л води). Водночас вимивання рухомих сполук калію мали зворотну залежність.

Найпродуктивнішою енергетичною культурою виявився міскантус гігантський, із плантацій якого щороку отримували 33–40 т на 1 га сухої маси, тоді як плантації верби подібну масу забезпечують за два роки.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Трускавецький Р.С. Торфові ґрунти і торфовища України. Харків: „Міськдрук“, 2010. 278 с.
2. Енергетична верба: технологія вирощування та використання. За ред. Сінченка В.М. Вінниця: «Твори», 2023. 348 с.
3. Фучило Я.Д., Сбитна М.В. Верби України: біологія, екологія, використання. Монографія. Видання друге, виправлене і доповнене. К.: ЦП «Компринт», 2017. 259 с.
4. Kardung M., Cingiz R., Costenoble J. et al. Development of the circular Bioeconomy: Drivers and indicators. *Sustainability*. 2021. Vol. 13. Iss. 1. № 413. P. 19–24. DOI: 10.3390/su13010413.
5. Chiaramonti D., Talluri G., Scarlat N., Prussi M. The challenge of forecasting the role of biofuel in EU transport decarbonization at 2050. A meta-analysis review of published scenarios. *Renewable and Sustainability Energy reviews*. 2021. Vol. 139. DOI: 10.1016/j.rser.2021.110715.
6. Haas T., Sander H. Decarbonizing Transport in the European Union: Emission Performance Standards and the Perspectives for a European Green Deal. *Sustainability*. 2020. Vol. 12. Iss. № 8381. DOI: 10.3390/su12208381.
7. Гументик М.Я. Ефективне використання біомаси та сільськогосподарських відходів. *Агроеліта*. 2019. № 2. С. 12–13.
8. Ганженко О.М., Гументик М.Я., Квак В.М. Технологія виробництва твердого біопалива з міскантусу. *Біоенергетика*. 2015. № 2. С. 13–17.
9. Єщенко В.О., Копитко П.С., Опришко В.П. та ін. Основи наукових досліджень в агрономії. Київ, 2005. 286 с.
10. Указания по производству наблюдений за водным режимом на осушительных системах. Под ред. Кравченко В.П. К.: «Урожай», 1964. С. 71–78.
11. Slyusar I.T., Solyanik O.P., Serbenyuk V.O., Zadubinna E.V., Perets S.V. Energy crops safe cultivation on drained organic soils. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2021, Volume 11, Issue 1. P. 415–418.
12. Малиновська І.М., Слюсар І.Т., Черниш О.О. Мікробіологічний моніторинг інтенсивності мінералізації органічної речовини торфового ґрунту. Моніторинг та індикатори нейтрального рівня деградації земель в Україні. Зб. статей під ред. Л.Д. Проценка. Київ: Простір-М. 2018. С. 24–32.
13. Слюсар І.Т., Сербенюк В.О., Соляник О.П., Тарасенко О.А. Природоохоронні та ефективні способи використання дренажних органогенних ґрунтів за різних методів розрахунків внесення мінеральних добрив. *Землеробство та рослинництво: теорія і практика*. 2022. С. 26–39.
14. Слюсар І.Т., Сербенюк В.О., Соляник О.П., Тарасенко О.А. Агробіологічні засади природоохоронного та ефективного використання дренажних органогенних ґрунтів за змін клімату. *Вісник аграрної науки*. 2023. Вип. 4 (841). С. 67–78. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202304-09>.
15. Слюсар І.Т., Сербенюк В.О., Сербенюк Г.А., Зосимчук О.А. Вплив способів сільськогосподарського використання на вимивання біогенних речовин у дренажні води. *Агроекологічний журнал*. № 4. 2023. С. 80–88.
16. Ivan Slyusar, Olena Solyanik, Viktor Serbenyuk, Hanna Serbeniuk Transformation and ecological aspects of organogenic soils under drainage and agricultural exploitation. Handbook of Research on Improving the Natural and Ecological Conditions of the Polesie Zone. Chapter 3 (pp.30–50). IGI Global, USA. DOI: 10.4018/978-1-6684-8248-3.
17. Цюпа Н.Г. Минерализация й баланс азота в торфяных почвах Лесостепи УССР при с/х использовании. *Земледелие*. 1986. Вып. 61. С. 33–37.
18. Малиновська І.М., Задубинна Є.В., Камінський В.Ф. Чисельність та фізіологічна активність мікроорганізмів у чорноземі типовому за різних способів основного обробітку ґрунту. *Землеробство та рослинництво: теорія і практика*. 2023. Вип.4 (10). С. 28–34.

## REFERENCES

1. Truskavetskyi, R.S. (2010). Torfovi grunty i torfovyshecha Ukrayiny [Peat soils and peatlands of Ukraine]. Kharkiv: Miskdruk [in Ukrainian].
2. Sinchenko, V.M. (Ed.). (2023). Enerhetychna verba: Tekhnolohiia vyroshchuvannia ta vykorystannia [Energy willow: Technology of cultivation and use]. Vinnytsia: Tvory [in Ukrainian].
3. Fuchylo, Ya.D., & Sbytna, M.V. (2017). Verby Ukrayiny: Biolohiia, ekolohiia, vykorystannia [Willows of Ukraine: Biology, ecology, use] (2nd ed., revised and expanded). Kyiv: TsP Komprynt [in Ukrainian].
4. Kardung, M., Cingiz, R., Costenoble, J., et al. (2021). Development of the circular bioeconomy: Drivers

- and indicators. *Sustainability*, 13(1), 19–24. <https://doi.org/10.3390/su13010413> [in English].
5. Chiaramonti, D., Talluri, G., Scarlat, N., & Prussi, M. (2021). The challenge of forecasting the role of bio-fuel in EU transport decarbonization at 2050: A meta-analysis review of published scenarios. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 139, 110715. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.110715> [in English].
  6. Haas, T., & Sander, H. (2020). Decarbonizing transport in the European Union: Emission performance standards and the perspectives for a European Green Deal. *Sustainability*, 12(8381). <https://doi.org/10.3390/su12208381> [in English].
  7. Humentyk, M.Ya. (2019). Efektyvne vykorystannia biomasy ta silskohospodarskykh vidkhodiv [Efficient use of biomass and agricultural waste]. *Ahroelita*, 2, 12–13 [in Ukrainian].
  8. Hanzhenko, O.M., Humentyk, M. Ya., & Kvak, V.M. (2015). Tekhnolohiia vyrobnytstva tverdoho biopal-yva z miskantusu [Technology of solid biofuel production from miscanthus]. *Bioenerhetyka*, 2, 13–17 [in Ukrainian].
  9. Yeshchenko, V. O., Kopytko, P.S., Opryshko, V.P., et al. (2005). Osnovy naukovykh doslidzhen v ahronomii [Fundamentals of scientific research in agronomy]. Kyiv [in Ukrainian].
  10. Kravchenko, V.P. (Ed.). (1964). Ukazaniia po proizvodstvu nabliudeniia za vodnym rezhimom na osushitelnykh sistemakh [Guidelines for monitoring the water regime on drainage systems] (pp. 71–78). Kyiv: Urozhai [in Ukrainian].
  11. Slyusar, I.T., Solyanik, O.P., Serbenyuk, V.O., Zadubinna, E. V., & Perets, S. V. (2021). Energy crops safe cultivation on drained organic soils. *Ukrainian Journal of Ecology*, 11(1), 415–418 [in English].
  12. Malynovska, I.M., Slyusar, I.T., & Chernysh, O.O. (2018). Mikrobiolohichni monitorynh intensyvnosti mineralizatsii orhanichnoi rehovyny torfovoho gruntu [Microbiological monitoring of mineralization intensity of peat soil organic matter]. In L.D. Protsenko (Ed.), *Monitorynh ta indykatory neitralnoho rivnia degradatsii zemel v Ukrayini* [Monitoring and indicators of land degradation neutrality in Ukraine] (pp. 24–32). Kyiv: Prostir-M [in Ukrainian].
  13. Slyusar, I.T., Serbenyuk, V.O., Solyanik, O.P., & Tarasenko, O.A. (2022). Pryrodoohoronna ta efektyvni sposoby vykorystannia drenovanykh organohennykh gruntiv za riznykh metodiv rozrakhunkiv vnesennia mineralnykh dobryv [Environmentally friendly and efficient use of drained organogenic soils under different fertilizer calculation methods]. *Zemlerobstvo ta roslynnystvo: teoriia i praktyka*, 26–39 [in Ukrainian].
  14. Slyusar, I.T., Serbenyuk, V.O., Solyanik, O.P., & Tarasenko, O.A. (2023). Ahrobiolohichni zasady pryrodoohoronnogo ta efektyvnoho vykorystannia drenovanykh organohennykh gruntiv za zmin klimatu [Agrobiological principles of sustainable use of drained organogenic soils under climate change]. *Visnyk ahrarynoi nauky*, 4(841), 67–78. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202304-09> [in Ukrainian].
  15. Slyusar, I.T., Serbenyuk, V.O., Serbenyuk, H.A., & Zosymchuk, O.A. (2023). Vplyv sposobiv silskohospodarskoho vykorystannia na vymivannia biohennykh rehovyn u drenazhni vody [Impact of agricultural practices on nutrient leaching into drainage waters]. *Ahroekolohichni zhurnal*, 4, 80–88 [in Ukrainian].
  16. Slyusar, I., Solyanik, O., Serbenyuk, V., & Serbeniuk, H. (2023). Transformation and ecological aspects of organogenic soils under drainage and agricultural exploitation. In *Handbook of Research on Improving the Natural and Ecological Conditions of the Polesie Zone* (pp. 30–50). IGI Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-6684-8248-3> [in English].
  17. Tsiupa, N.H. (1986). Mineralizatsiia i balans azota v torfianykh pochvakh Lesostepi USSR pri selkhoz ispolzovanii [Mineralization and nitrogen balance in peat soils of the Forest-Steppe of the Ukrainian SSR under agricultural use]. *Zemledelie*, 61, 33–37 [in Ukrainian].
  18. Malynovska, I.M., Zadubynna, Ye.V., & Kaminskyi, V.F. (2023). Chyselnist ta fiziolohichna aktyvnist mikroorhanizmiv u chornozemi typovomu za riznykh sposobiv osnovnoho obrobitku gruntu [Abundance and physiological activity of microorganisms in typical chernozem under different tillage practices]. *Zemlerobstvo ta roslynnystvo: teoriia i praktyka*, 4(10), 28–34 [in Ukrainian].

**Slyusar I.T., Solyanyk O.P., Serbenyuk V.O., Helevera S.V.**

***The influence of the landscape structure of small river floodplains on the mineralization of organic matter in drained organogenic soils***

**Aim.** *To determine the features of anthropogenic impact, landscape structure and methods of using drained old-arable organic soils of small river floodplains on the mineralization of organic matter; release of carbon*

*gases, pollution of soil and river waters of biogenic substances, to establish the level of productivity of energy crops and to identify patterns of peatland utilization. Methods. Field with a complex of biometric; agrochemical, laboratory, mathematical and statistical. Results. It was established that the meliorative system, regardless of the method of using drained organic soils, ensured the soil water regime under the studied types of biocenoses during the growing season within optimal limits. The decomposition of flax tissue, regardless of the season, under annual crops was significantly higher than under tree plantations. The largest amount of mobile nitrogen compounds was leached into groundwater under annual crops, and the least under willow plantations; potassium leaching had an inverse relationship. The most productive crop was miscanthus giant. Conclusions. The content of mobile potassium and phosphorus compounds in the organic soil was significantly higher under tree and miscanthus plantations, and nitrogen had an inverse relationship compared to annual crops, the decomposition of flax tissue was higher under annual crops than under tree crops, and in dry years had the opposite relationship. The greatest amount of biogenic substances was washed into groundwater under annual crops, and the least under willow plantations. The most productive energy crop was miscanthus giant with a yield of 33–40 tons of dry matter per year against willow plantations, which provided a similar yield in two years.*

**Key words:** leaching of nutrients, yield, soil moisture, energy crops.

#### ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

**Слюсар І.Т.**, доктор с.-г. наук, професор, член-кор. НААН, головний науковий співробітник відділу сіво-змін і землеробства на меліорованих землях, ННЦ «Інститут землеробства НААН», e-mail: sliusarit@ukr.net, ORCID: 0000-0001-8980-5160.

**Соляник О.П.**, кандидат с.-г. наук, старший науковий співробітник відділу сіво-змін і землеробства на меліорованих землях, ННЦ «Інститут землеробства

НААН», e-mail: 3369002e@gmail.com, ORCID: 0000-0002-9037-0296.

**Сербенюк В.О.**, кандидат с.-г. наук, завідувач відділу технологій зернобобових, круп'яних і олійних культур, ННЦ «Інститут землеробства НААН», e-mail: serbenukvo@ukr.net, ORCID: 0000-0003-0175-6621.

**Гелевера С.В.**, лаборант, Панфільська дослідна станція ННЦ «ІЗ НААН».

**Slyusar I.T.**, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Corresponding Member of the National Academy of Sciences of Ukraine, Chief Researcher of the Department of Crop Rotation and Agriculture on Reclamated Lands, o National Science Center «Institute of Agriculture of NAAS», e-mail: sliusarit@ukr.net, ORCID: 0000-0001-8980-5160.

**Solyanik O.P.**, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Department of Crop Rotation and Farming on Reclamated Lands, National Science Center «Institute of

Agriculture of NAAS», e-mail: 3369002e@gmail.com, ORCID: 0000-0002-9037-0296.

**Serbenyuk V.O.**, Candidate of Agricultural Sciences, Head of the Department of Legume, Cereal and Oilseed Crops Technologies, National Science Center «Institute of Agriculture of NAAS», e-mail: serbenukvo@ukr.net, ORCID: 0000-0003-0175-6621.

**Helevera S.V.**, laboratory assistant, Panfily Research Station of the National Scientific Center « Institute of Agriculture of NAAS».

Надійшла 11.05.2025

## ПРОДУКТИВНІСТЬ КУЛЬТУР 5-ПІЛЬНОЇ ЗЕРНО-ПРОСАПНОЇ СІВОЗМІНИ ЗАЛЕЖНО ВІД НОРМ УДОБРЕННЯ В УМОВАХ ПОЛІССЯ

**Р.П. Паламарчук**

*Державна установа «Інститут охорони ґрунтів України»  
(м. Київ, Україна)*

**Мета.** *Встановити впливу норм мінерального удобрення під культури 5-пільної зерно-просапної сівозміни на їх урожайність і продуктивність та економічну ефективність вирощування на дерново-підзолистому ґрунті 2-ї зони радіоактивного забруднення. Методи.* *Технологія вирощування сільськогосподарських культур у досліді загальноприйнята і рекомендована для зони проведення досліджень. На передбачених схемою досліджень варіантах застосовували хімічні засоби захисту рослин для вирощування конкурентоспроможної товарної продукції. Результати.* *Проведенні досліді впродовж 2015–2019 рр., переконливо свідчать про те, що внесення доломітового борошна в дозі 5 т/га, а також перегною великої рогатої худоби у дозі 8 т/га у 2014 р. та застосовані норми удобрення під сільськогосподарські культури 5-пільної зерно-просапної сівозміни (овес – люпин – тритикале яре – буряки кормові – кукурудза на зерно) під час досліджень і фактор сівозміни мали позитивний ефект на підвищення врожайності та продуктивності цих культур сівозміни, а також їх економічну доцільність. Висновки.* *Найбільшою врожайністю була за 2-ї норми добрив: 3,63 т/га вівса, 2,88 т/га люпину, 4,99 – тритикале, 7,53 – кукурудзи та 37,5 т/га буряків кормових. За 2-ї норми добрив більшою була й продуктивність, де збір з 1 га сівозмінної площі становив 7,25 т зернових, 9,12 т кормових одиниць та 0,73 т перетравного протеїну. Тоді як умовно чистий прибуток вищим був за 1-ї норми добрив 12,73 тис. грн із 1 га ріллі за рентабельності 34%.*

**Ключові слова:** *урожайність, якість продукції, інтенсифікація, агроценоз, економічна та енергетична ефективність, землеробство.*

**Вступ.** Сучасне агропромислове виробництво в умовах ринкових трансформацій вимагає інтенсифікації процесів вирощування конкурентоспроможних сільськогосподарських культур із метою забезпечення стабільного зростання валового збору товарного зерна. Це особливо актуально в контексті глобальної продовольчої безпеки, зростання попиту на зернову продукцію та необхідності економічного зміцнення сільськогосподарських підприємств в умовах ринкової економіки. У цьому зв'язку постає питання науково обґрунтованого розміщення сільськогосподарських культур у сівозмінах, які повинні бути адаптовані до умов ринкового господарювання з урахуванням ґрунтово-кліматичних особливостей регіонів та агроекологічної доцільності [1].

На сьогодні проблема оптимізації структури посівних площ і культур у сівозмінах різної ротації

на основі наукових підходів не отримала належного обґрунтування, зокрема на дерново-підзолистих ґрунтах, які характеризуються низькою природною родючістю та потребують додаткових агротехнічних заходів для підтримання сталого рівня продуктивності [2; 3].

Особливої ваги набуває питання раціонального управління поживним режимом ґрунтів, зокрема в умовах обмеженої наявності органічних добрив, як-от гній, що традиційно вважався важливою складовою системи удобрення. У зв'язку з цим актуалізується необхідність розроблення і впровадження ефективних систем мінерального удобрення, які здатні забезпечити повноцінне живлення культур та покращання фізико-хімічних властивостей ґрунту [4; 5].

Таким чином нашими дослідженнями передбачалося встановлення впливу норм удобрення під

культури 5-пільної зерно-просапної сівозміни на їх урожайність і продуктивність та економічну доцільність вирощування на дерново-підзолистому ґрунті.

**Мета досліджень** полягає у встановленні впливу норм мінерального удобрення під культури 5-пільної зерно-просапної сівозміни на їх урожайність і продуктивність та економічну ефективність вирощування на дерново-підзолистому ґрунті 2-ї зони радіоактивного забруднення.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** У сучасних реаліях розвитку агропромислового комплексу раціональне використання земельних ресурсів, збереження та відновлення родючості ґрунтів, а також отримання стабільно високих урожаїв сільськогосподарських культур можливі лише за умови впровадження науково обґрунтованих систем землеробства. Ключовою складовою будь-якої сучасної системи є застосування інтенсивних та адаптованих до регіональних умов технологій вирощування культур у сівозмінах, що забезпечує комплексне використання потенціалу агроландшафтів і сприяє довгостроковій екологічній та економічній стійкості виробництва [6].

Визначальним критерієм оцінки ефективності сівозміни постає її загальна продуктивність. Показники врожайності культур, що входять до її складу, є результатом сукупної дії всіх елементів технології вирощування. На формування врожайності кожної окремої культури та продуктивності сівозміни загалом істотно впливають попередники, система обробітку ґрунту, рівень і структура удобрення, а також застосування засобів захисту рослин [7].

Досягнення високої продуктивності сільськогосподарських культур на дерново-підзолистих ґрунтах можливе лише за умови оптимального забезпечення рослин елементами живлення. Це завдання реалізується не тільки шляхом внесення достатніх доз органічних і мінеральних добрив, але й через комплексну оптимізацію фізичних, хімічних і біологічних властивостей ґрунту. Такий підхід передбачає відновлення та підтримання його родючості, формування сприятливих водно-повітряних, поживних і теплових режимів відповідно до біологічних потреб культур, а також збереження стабільної структури мікробіоценозу, який відіграє ключову роль у кругообігу поживних речовин та стійкості агроecosystem [8; 9].

Раціональне поєднання оптимального рівня мінерального живлення культур та економічного аналізу

технологічних витрат на вирощування дає змогу уникати перевитрат добрив і оптимізувати собівартість отриманої продукції, забезпечуючи при цьому високу рентабельність виробництва [10; 11]. Ефективність аграрного виробництва значною мірою залежить від балансованого використання мінеральних добрив, які не лише впливають на урожайність, а й визначають загальну структуру витрат та прибутковості [12; 13].

Крім того, в умовах ринкової економіки оцінка показників економічної доцільності застосування елементів агротехнологій набуває актуальності під час ухвалення господарських рішень та вибору адаптованих до умов господарства технологій вирощування сільськогосподарських культур [14; 15].

З огляду на це виникає необхідність удосконалення запланованих норм удобрення та сівозмін короткої ротації, що передбачає оптимізацію асортименту вирощуваних культур із урахуванням їх попередників, здатності до накопичення продуктивної вологи, біологічного азоту, а також ефективного використання добрив та мікроелементів для підтримання збалансованого поживного режиму ґрунту, а відтак і підвищення врожайності та продуктивності досліджуваних культур із обґрунтуванням їх економічної доцільності, а дослідження є актуальними і своєчасними.

**Матеріали та методи досліджень.** Дослідження з вивчення впливу норм удобрення та сівозмінного фактора на продуктивність, урожайність і якість отриманої продукції культур 5-пільної сівозміни проводили в стаціонарному досліді на території с. Христинівка Народицького р-ну Житомирської обл., яке відноситься до 2-ї зони радіоактивного забруднення, впродовж 2015–2019 рр.

Повторення досліді триразове. Розмір дослідної ділянки 28 м<sup>2</sup>, облікової – 18 м<sup>2</sup>. Розміщення ділянок систематичне.

Технологія вирощування сільськогосподарських культур у досліді загальноприйнята і рекомендована для зони проведення досліджень.

Сільськогосподарські культури вирощували в 5-пільній зерно-просапній сівозміні з таким чергуванням: овес – люпин – тритикале яре – буряки кормові – кукурудза на зерно за відповідних норм удобрення передбачених робочою програмою (без добрив (контроль), 1-ша норма та 2-га норма добрив). Розрахунок азотних добрив проводився під кожну культуру на запланований урожай. Норма фосфорних добрив

збільшена у 1,5 раза, а калійних добрив у 2 рази у 3-му варіанті. Застосування добрив мало на меті не лише агрономічну ефективність, а й вплив на міграцію радіонуклідів та важких металів у системі ґрунт–рослина.

Польові та лабораторні дослідження рослинних зразків проводили за загальноприйнятими методиками, а саме обліки врожаю культур ваговим методом, сирий протеїн – по загальному азоту класичним методом по К'ельдалю, сиру клітковину – кислотно-лужним гідролізом, сиру золу – шляхом спалювання зразків у муфельній печі за температури 500–600°C,

сирий жир – методом Ружкоського в апараті Сокслета, статистичну обробку результатів обліку врожаю – методом дисперсійного аналізу. Економічну та енергетичну ефективність – за методиками визначення економічної оцінки вирощування сільськогосподарських культур.

Математико-статистичну обробку результатів досліджень здійснювали на персональному комп'ютері з використанням пакетів прикладних програм типу Excel, Statistica, Sigma. Статистичну обробку отриманих у дослідженнях результатів проводили методом варіаційної статистики.

**Таблиця 1. Урожайність та якість отриманої продукції культур 5-пільної зерно-просапної сівозміни (с. Христинівка Народицького р-ну Житомирської обл.), середнє за 2015–2019 рр.**

Удобрення	Вміст поживних речовин, %				Урожайність, т/га	НІР <sub>05</sub> за факторами А і В (А – удобрення, В – роки)
	сира зола	сирий жир	сира клітковина	сирий протеїн		
<i>Овес Чернігівський 27</i>						
Без добрив (контроль)	2,72	3,58	10,22	10,63	2,56	А і В – 0,17 А – 0,08 В – 0,10
N <sub>70</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	2,90	3,84	10,50	11,81	3,53	
N <sub>70</sub> P <sub>90</sub> K <sub>120</sub>	2,97	3,89	10,60	11,90	3,63	
<i>Люпин Індустріальний</i>						
Без добрив (контроль)	2,88	5,01	13,59	26,90	1,66	А і В – 0,11 А – 0,05 В – 0,06
N <sub>30</sub> P <sub>40</sub> K <sub>50</sub>	3,04	5,36	13,95	30,15	2,49	
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>100</sub>	3,09	5,49	13,93	30,59	2,88	
<i>Тритикале яре Аіст Харківський</i>						
Без добрив (контроль)	2,21	1,43	1,70	11,17	3,66	А і В – 0,14 А – 0,06 В – 0,08
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>80</sub>	2,34	1,56	1,78	12,05	4,75	
N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>160</sub>	2,38	1,65	1,81	12,12	4,99	
<i>Бураки кормові Екендорфський жовтий</i>						
Без добрив (контроль)	1,84	0,13	0,97	2,16	23,1	А і В – 1,59 А – 0,71 В – 0,92
N <sub>120</sub> P <sub>100</sub> K <sub>160</sub>	1,95	0,15	1,05	2,51	35,8	
N <sub>120</sub> P <sub>150</sub> K <sub>320</sub>	2,06	0,16	1,07	2,58	37,5	
<i>Кукурудза Харківська 195 МВ</i>						
Без добрив (контроль)	1,50	4,42	2,09	9,49	4,47	А і В – 0,28 А – 0,13 В – 0,16
N <sub>120</sub> P <sub>100</sub> K <sub>80</sub>	1,62	4,66	2,21	10,67	7,20	
N <sub>120</sub> P <sub>150</sub> K <sub>160</sub>	1,66	4,74	2,28	11,35	7,53	
<i>Середнє</i>	<i>2,34</i>	<i>3,07</i>	<i>5,85</i>	<i>13,07</i>		–
<i>Sx</i>	<i>0,14</i>	<i>0,52</i>	<i>1,40</i>	<i>2,36</i>		–
<i>V, %</i>	<i>23,9</i>	<i>65,3</i>	<i>93,0</i>	<i>69,8</i>		–
<i>S</i>	<i>0,56</i>	<i>2,00</i>	<i>5,44</i>	<i>9,13</i>		–

**Результати та їх обговорення.** За результатами отриманих даних, у середньому за 2015–2019 рр., урожайність досліджуваних культур 5-пільної зерно-просапної сівозміни становила 2,56–3,63 т/га вівса, при цьому  $НР_{05}$  за факторами А і В (удобрення і роки досліджень) була на рівні 0,17 т/га, врожайність зерна люпину – 1,66–2,88 т/га ( $НР_{05}$  – 0,11 т/га), 3,66–4,99 т/га тритикале ярого ( $НР_{05}$  – 0,14 т/га), 4,47–7,53 т/га зерна кукурудзи ( $НР_{05}$  – 0,28 т/га) та 23,1–37,5 т/га коренеплодів буряків кормових ( $НР_{05}$  за факторами відповідно – 1,59 т/га) (табл. 1).

Поміж досліджуваних норм добрив найвищу врожайність забезпечила 2-га норма, де ці значення були на рівні 3,63 т/га вівса, 2,88 т/га люпину, 4,99 – тритикале, 7,53 – кукурудзи та 37,5 т/га буряків кормових, що на 27–42% більше, ніж на варіанті без внесення добрив (контроль). Тоді як за 1-ї норми добрив урожайність сільськогосподарських культур 5-пільної сівозміни становила 3,53 т/га вівса, 2,49 – люпину, 4,75 т/га тритикале ярого, 7,20 – кукурудзи на зерно та 35,8 т/га буряків кормових відповідно, що на 23–38% більше, ніж на контролі та на 3–14% менше, ніж за 2-ї норми добрив. Отримані результати свідчать про високу ефективність застосовуваних норм удобрення (табл. 1).

Дослідженнями було передбачено визначення вмісту поживних речовин у основній продукції рослинництва, зокрема, були проведені лабораторні аналізи на відповідних варіантах досліду щодо якості отриманої продукції. За результатами лабораторних аналізів, у середньому за 2015–2019 рр., визначено, що вміст протеїну знаходився у межах від 2,16 до 30,59% залежно від культури зерно-просапної сівозміни та норм добрив, вміст клітковини – 0,97–13,95%, жиру – 0,13–5,49, золи – 1,50–3,09% за середніх значень по сівозміні 13,07%, 5,85, 3,07 і 2,34% відповідно.

Найбільший вміст сирого протеїну був у зерні люпину, де цей показник становив 26,90% на контролі, 30,15% за 1-ї норми та 30,59% за 2-ї норми добрив, що на 0,44% за 1-ї та на 3,69% більше, ніж на контролі, що пов'язано з морфологічними особливостями бобової культури та позитивного ефекту добрив. Серед зернових культур найвищий вміст протеїну був у зерні тритикале ярого: 12,05% за 1-ї норми, 12,12% за 2-ї норми добрив, тоді як на контролі – 11,17% відповідно, що на 0,88% за 1-ї та на 0,95% за 2-ї норми більше порівняно до контролю. Це свідчить про достатньо високу ефективність застосованих норм добрив під культуру.

Найнижчий вміст сирого протеїну, в середньому за 2015–2019 рр., був у коренеплодах буряків кормових, де цей показник сягав: 2,16% на контролі, 2,51 за 1-ї норми та 2,58% за 2-ї норми добрив. Коефіцієнт варіації до того ж був на рівні 69,8%, що вказує на значне варіювання (табл. 1).

За результатами лабораторних аналізів видно, що вміст сирієї клітковини залежав від морфологічних особливостей досліджуваних культур 5-пільної зерно-просапної сівозміни, зокрема, найбільший вміст клітковини був у зерні люпину – 13,59–13,95% (13,59% – контроль, 13,93 – 2-га норма, 13,95% – 1-ша норма добрив) та вівса – 10,22–10,60% (10,22% – контроль, 10,50 – 1-ша норма, 10,60% – 2-га норма добрив), а найнижчим вмістом клітковини відзначилися посіви буряків кормових, де цей показник становив 0,97–1,07% залежно від добрив відповідно. Достатньо велика різниця у культурах за цим показником підтверджується коефіцієнтом варіації – 93,0%.

Аналізуючи сирий жир у зерні досліджуваних сільськогосподарських культур з'ясовано, що найбільший його вміст був у зерні люпину, кукурудзи та вівса. Так, вміст жиру в зерні люпину був на рівні від 5,01 до 5,49% за вищого показника за 2-ї норми добрив, у зерні кукурудзи від 4,42 до 4,74% за дещо більшого вмісту за 2-ї норми та в зерні вівса відповідно – 3,58–3,89%, що вказує на морфологічні особливості цих культур і достатньо високу ефективність застосованих норм мінеральних добрив. Варіація при цьому становить 65,3%.

Вміст сирієї золи в зерні досліджуваних культур 5-пільної сівозміни, в середньому за п'ять років, залежав від біології культури та деякою мірою від добрив. Зокрема, найбільший вміст золи був у зерні люпину (2,88% – контроль, 3,04 – 1-ша норма, 3,09% – 2-га норма добрив) та вівса (2,72% – контроль, 2,90 – 1-ша норма, 2,97% – 2-га норма добрив), а найменше в зерні кукурудзи, де цей показник становив 1,62% за 1-ї норми, 1,66% за другої норми добрив, тоді як на контролі – 1,50% відповідно (табл. 1).

За результатами проведених досліджень в 2015–2019 рр. на дерново-підзолистому ґрунті визначено, що застосовані норми удобрення під сільськогосподарські культури 5-пільної зерно-просапної сівозміни, а також внесення доломітового борошна (5 т/га) і перегною (8 т/га) перед початком досліджень мали значний ефект на врожайність досліджуваних культур, а від так і на продуктивність сівозміни зокрема. Зокрема, збір із 1 га зернових одиниць, у середньому

за п'ять років, був на рівні від 2,26 до 12,58 т залежно від культури сівозміни та норм добрив. Найбільшим збором зернових одиниць відзначилися буряки кормові 12,58 т/га за 2-ї норми добрив, тоді як за 1-ї цей показник становив 12,00 т/га і 7,74 т/га на контролі відповідно, що на 4,26 т менше, ніж за 1-ї та на 4,84 т/га, ніж за 2-ї норми (табл. 2).

**Таблиця 2. Продуктивність п'ятипільної зерно-просапної сівозміни залежно від різних норм добрив (с. Христинівка Народицького р-ну Житомирської обл.), т/га, середнє 2015–2019 рр.**

Удобрення	Збір, т/га		
	зернових одиниць	кормових одиниць	перетравного протеїну
<b>Овес Чернігівський 27</b>			
Без добрив (контроль)	2,26	3,49	0,27
N <sub>70</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	3,10	4,80	0,38
N <sub>70</sub> P <sub>90</sub> K <sub>120</sub>	3,20	4,94	0,39
<b>Люпин Індустріальний</b>			
Без добрив (контроль)	3,28	2,75	0,54
N <sub>30</sub> P <sub>40</sub> K <sub>50</sub>	4,92	4,12	0,81
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>100</sub>	5,70	4,76	0,94
<b>Тритикале яре Аіст Харківський</b>			
Без добрив (контроль)	3,85	5,60	0,43
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>80</sub>	4,99	7,27	0,56
N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>160</sub>	5,24	7,64	0,59
<b>Буряки кормові Екендорфський жовтий</b>			
Без добрив (контроль)	7,74	8,08	0,53
N <sub>120</sub> P <sub>100</sub> K <sub>160</sub>	12,00	12,53	0,82
N <sub>120</sub> P <sub>150</sub> K <sub>320</sub>	12,58	13,14	0,86
<b>Кукурудза Харківська 195 МВ</b>			
Без добрив (контроль)	5,67	8,96	0,52
N <sub>120</sub> P <sub>100</sub> K <sub>80</sub>	9,14	14,44	0,83
N <sub>120</sub> P <sub>150</sub> K <sub>160</sub>	9,56	15,10	0,87
<b>3 1 га сівозмінної площі</b>			
Без добрив (контроль)	4,56	5,78	0,46
НРК (1-ша норма)	6,83	8,63	0,68
НРК (2-га норма)	7,25	9,12	0,73

Поміж зернових злакових культур найбільший збір із 1 га зернових одиниць був у кукурудзи, де цей показник знаходився в межах від 5,67 до 9,56 т/га за більшого збору за застосування 2-ї норми добрив, що на 60–67% більше, ніж у вівса та на 30–45% більше, ніж у тритикале ярого відповідно і пов'язано зі значно більшою врожайністю кукурудзи. Збір із 1 га зернових одиниць люпину становив 3,28 т/га на контролі, 4,94 за 1-ї та 5,70 т/га за 2-ї норми добрив.

Аналізуючи культури 5-пільної сівозміни за збором кормових одиниць видно, що збір із 1 га був на рівні від 2,75 до 15,10 т/га і залежав від культури та норм добрив. Зокрема, найбільший збір кормових одиниць був у кукурудзі, де цей показник був у межах 14,44 т із 1 га за 1-ї норми та 15,10 т/га за 2-ї норми добрив, тоді як на контролі – 8,96 т/га, що на 5,48 т менше, ніж за 1-ї та 6,14 т/га відповідно менше, ніж за 2-ї норми добрив. Також достатньо великим збором із 1 га кормових одиниць, поміж зернових культур, відзначилося тритикале яре (5,60 т/га – контроль, 7,27 т/га – 1-ша норма, 7,64 т/га – 2-га норма добрив), що на 35–38% більше, ніж у вівса та на 37–49% менше, ніж у кукурудзи (табл. 2).

Достатньо великий збір кормових одиниць був у буряків кормових 13,14 т/га за 2-ї норми добрив, тоді як за 1-ї цей показник становив 12,53 т/га і 8,08 т/га на контролі відповідно, що вказує на високу поживність цієї культури. Збір із 1 га кормових одиниць люпину був у межах 2,75 т/га на контролі, 4,12 за 1-ї та 4,76 т/га за 2-ї норми добрив.

Вагомим показником продуктивності культури та сівозміни загалом є перетравний протеїн, який характеризує харчову цінність отриманої продукції рослинництва. В середньому за 2015–2019 рр. перетравний протеїн був на рівні від 0,27 до 0,94 т/га залежно від культури сівозміни та норм добрив. Найбільший збір із 1 га перетравного протеїну був у люпину 0,54 т/га на контролі, 0,81 т/га за 1-ї норми та 0,94 т/га за 2-ї норми добрив, що свідчить про морфологічні особливості цієї культури. Найменший збір перетравного протеїну був у вівса (0,27 т/га – контроль, 0,38 т/га – 1-ша норма, 0,39 т/га – 2-га норма добрив) та тритикале ярого (0,43 т/га – контроль, 0,56 т/га – 1-ша норма, 0,59 т/га – 2-га норма добрив) (табл. 2).

У сучасних умовах господарювання аграрні підприємства стикаються з необхідністю забезпечення сталого розвитку виробництва, підвищення продуктивності сільськогосподарських культур та ефективного використання ресурсів. Водночас, на тлі високої

вартості матеріально-технічних ресурсів, особливо мінеральних добрив, зростає потреба в обґрунтуванні ефективності їх застосування. Одним із найважливіших інструментів такого обґрунтування є визначення економічної ефективності вирощування культур за різних агротехнологічних рішень, зокрема різних норм застосування мінеральних добрив.

З огляду на це, нами здійснено всебічний аналіз економічної ефективності вирощування культур 5-пільної зерно-просапної сівозміни за різних норм мінерального удобрення, що дало можливість простежити не лише абсолютні величини економічних показників, а й їхню зміну залежно від агрогенного навантаження в агроценозах.

Аналіз узагальнених показників по сівозміні свідчить, що застосування мінеральних добрив істотно впливає на економічну ефективність вирощування культур. Зокрема, найвищий приріст вартості валової продукції та умовно чистого прибутку спостерігалося за оптимізованого рівня удобрення (1-ша норма добрив), відповідно до 46501 грн/га та до 12727 грн/га або +15217 та +1703 грн/га сівозмінної площі порівняно до контролю, тоді як надмірне (збільшення норми в 2 рази) внесення фосфорних і калійних добрив не завжди супроводжувалося пропорційним зростанням умовного чистого прибутку (-2137 грн/га у середньому по сівозміні) (табл. 3). Особливо це проявлялося за вирощування культур, чутливих до економічної межі ефективності застосування мінеральних добрив (наприклад, овес та люпин).

Зокрема, за вирощування вівса, на контрольному варіанті без застосування мінеральних добрив вартість валової продукції становила 20512 грн/га, умовно чистий прибуток – 7012 грн/га за рівня рентабельності 52 %. Внесення мінеральних добрив у нормі  $N_{70}P_{60}K_{60}$  сприяло зменшенню умовного чистого прибутку до 3871 грн/га, підвищенню собівартості продукції до 6903 грн/т, або на 31,1 % за рівня рентабельності 16 %, тоді як за збільшення норми використання добрив ( $N_{70}P_{90}K_{120}$ ) забезпечило отримання лише 431 грн/га умовно чистого прибутку за рентабельності 2 %, незважаючи на найвищі значення вартості валової продукції (29051 грн/га).

Подібна закономірність виявлена за вирощування люпину, де економічно найбільш доцільним виявився контрольний варіант (без добрив) – умовний чистий прибуток становив 2986 грн/га за рівня рентабельності виробництва 24 %, що перевищує інші варіанти удобрення. Зокрема, у варіантах внесення

порівняно з іншими культурами невисоких доз мінеральних добрив –  $N_{30}P_{40}K_{50}$  та  $N_{30}P_{60}K_{100}$ , умовно чистий прибуток зменшувався до 2413 і 2383 грн/га, або на 19,2 і 20,2 % відповідно, що свідчить про низьку економічну ефективність удобрення посівів люпину, можливо, через його здатність до біологічної фіксації атмосферного азоту. Найнижчий рівень рентабельності в межах 10–12 % також був на фоні застосування добрив, що обумовлено істотним зростанням загальних виробничих витрат порівняно до контрольного варіанта (12500 грн/га), відповідно на 66,5 % за 1-ї і 96 % за 2-ї норми добрив (табл. 3).

Застосування мінеральних добрив у посівах тритикале ярого забезпечило значний приріст валового доходу (вартість валової продукції) – від 32233 грн/га на контролі без добрив до 41793 грн/га ( $N_{90}P_{60}K_{80}$ ) та 43923 грн/га ( $N_{90}P_{90}K_{160}$ ). Однак зростання загальних виробничих витрат до 27846 і 33391 грн/га, призвело до зниження умовно чистого прибутку до 13947 і 10531 грн/га за внесення  $N_{90}P_{60}K_{80}$  і  $N_{90}P_{90}K_{160}$  відповідно. Максимальний умовно чистий прибуток на рівні 14136 грн/га одержаний на контрольному варіанті.

Найменша собівартість (5660 грн/т) та найвищий рівень рентабельності (118 %) також зафіксовані на контрольному варіанті без добрив, що вказує на обмежену доцільність додаткового удобрення за високого генетичного потенціалу біопродуктивності культури.

Кормові буряки показали найвищий економічний ефект серед усіх культур сівозміни. На контрольному варіанті без добрив умовно чистий прибуток становив 13502 грн/га, але за внесення  $N_{120}P_{100}K_{160}$  відмічено зростання до 23182 грн/га, тоді як за збільшення норми добрив ( $N_{120}P_{150}K_{320}$ ) прибуток знизився до 18953 грн/га, що пов'язано з різким збільшенням загальних виробничих витрат до 62252 грн/га, собівартості 1-ї тони коренеплодів до 1658 грн/т або на 19,6 % порівняно із контролем та істотного зниження рівня рентабельності виробництва до 21 % (табл. 3).

Кукурудза як культура з високим біологічним потенціалом урожайності, чутливо реагує на рівень мінерального живлення. Найвищий умовно чистий прибуток отримано за 1-ї норми ( $N_{120}P_{100}K_{80}$ ) – 12727 грн/га за відносно невисоких загальних виробничих витратах (33774 грн/га) та найвищого рівня рентабельності – 54 %. На контрольному варіанті без добрив отримано найменший умовно чистий прибуток до 11024 грн/га за 47 % рівня рентабельності, тоді як за підвищеної норми добрив ( $N_{120}P_{150}K_{160}$ ) – одержано середні значення умовно чистого прибутку (18269 грн/га),

**Таблиця 3. Показники економічної ефективності вирощування культур 5-пільної зерно-просапної сівозміни залежно від різних норм добрив (с. Христинівка Народицького району Житомирської області) 2015–2019 рр.**

Удобрення	Виробничі витрати, грн/га	Вартість валової продукції, грн/га	Умовно чистий прибуток, грн/га	Собівартість продукції, грн/т	Рівень собівартості, %
<b>Овес</b>					
Без добрив (контроль)	13500	20512	7012	5265	52
N <sub>70</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	24347	28218	3871	6903	16
N <sub>70</sub> P <sub>90</sub> K <sub>120</sub>	28619	29051	431	7881	2
<b>Люпин</b>					
Без добрив (контроль)	12500	15486	2986	7539	24
N <sub>30</sub> P <sub>40</sub> K <sub>50</sub>	20809	23222	2413	8370	12
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>100</sub>	24491	26874	2383	8512	10
<b>Тритикале яре</b>					
Без добрив (контроль)	14800	32233	17433	4041	118
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>80</sub>	27846	41793	13947	5863	50
N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>160</sub>	33391	43923	10531	6690	32
<b>Буряки кормові</b>					
Без добрив (контроль)	32000	46186	14186	1386	44
N <sub>120</sub> P <sub>100</sub> K <sub>160</sub>	51997	71618	19621	1452	38
N <sub>120</sub> P <sub>150</sub> K <sub>320</sub>	62252	75075	12823	1658	21
<b>Кукурудза на зерно</b>					
Без добрив (контроль)	28500	42002	13502	6378	47
N <sub>120</sub> P <sub>100</sub> K <sub>80</sub>	43872	67655	23783	6096	54
N <sub>120</sub> P <sub>150</sub> K <sub>160</sub>	52506	70775	18269	6974	35
<b>На 1 га сівозмінної площі</b>					
Без добрив (контроль)	20260	31284	11024	4922	57
НПК (I норма)	33774	46501	12727	5737	34
НПК (II норма)	40252	49139	8887	6343	20

найвищу собівартість 1 т зерна (6974 грн) та рівня рентабельності 35 %, демонструє зниження ефективності за перевищення оптимальних норм добрив внаслідок збільшення виробничих витрат, не компенсованих відповідним приростом вартості валової продукції.

В умовах зростання цін на енергоносії та мінеральні добрива виникає гостра потреба в оптимізації енерговитрат, а також у більш достовірній оцінці ефективності

різних технологій вирощування сільськогосподарських культур, особливо енерго- та ресурсомістких.

У процесі аналізу енерговитрат на вирощування культур п'ятипільної зерно-просапної сівозміни нами, на основі технологічних операцій та з урахуванням відповідних енергетичних еквівалентів, обчислено такі показники: загальні енерговитрати (МДж/га) – сумарну кількість енергії, необхідної для вирощування культури (включно з основними затратами,

насінням, мінеральними добривами, засобами захисту рослин); енергомiсткiсть отриманого врожаю (МДж/га) – валова енергiя, накопичена в урожаї культур; а також коефiцiєнт енергетичної ефективності (К<sub>еє</sub>) – співвiдношення валової енергiї, накопиченої в урожайній продукції, до загальних витрат енергiї.

Згiдно з проведеним аналізом показників енергетичної ефективності, в середньому по сiвозмiні, встановлено, пiдвищення норм мiнерального удобрення (норма 1 та норма 2) призводить до помiтного збiльшення загальних енерговитрат: вiд 12124 МДж/га (контроль) до 22406 МДж/га (норма 1) і 24597 МДж/га (норма 2). Одночасно зростає і енергонасиченiсть врожаю культур сiвозмiні, що обумовлює високі значення коефiцiєнта енергетичної ефективності (К<sub>еє</sub>) – вiд 4,70 на контролi до 3,75 (норма 1) і 3,65 (норма 2). Хоча К<sub>еє</sub> знижується зi зростанням енерговитрат, вiн залишається бiльшим 3, що свiдчить про високу енергетичну ефективність технологiй. Крім того, найвищі середні енерговитрати вiдмiчено на культурах з високим потенцiалом урожайності

(буряки кормові, кукурудза на зерно), однак цi самi культури забезпечили найвищу енергоокупність отриманого врожаю (табл. 4).

Зокрема, за вирощування вiвса, на контрольному варіанті (без добрив) загальні енерговитрати становили 10785 МДж/га, а енерговiддача врожаю – 41455 МДж/га. Це забезпечило коефiцiєнт енергетичної ефективності (К<sub>еє</sub>) на рiвнi 3,84. Внесення мiнеральних добрив у нормі N<sub>70</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> сприяло пiдвищенню врожайності зерна, але супроводжувалося збiльшенням загальних енерговитрат у 1,88 раза, або до 18915 МДж/га та зниженням значень К<sub>еє</sub> до 3,02. За бiльш iнтенсивного рiвня удобрення культури (2-га норма – N<sub>70</sub>P<sub>90</sub>K<sub>120</sub>) загальні енергетичні витрати становили 20291 МДж/га за К<sub>еє</sub> – 2,89, що є найнижчим значенням серед усiх культур сiвозмiні.

Люпин як зернобобова культура продемонструвала найнижчі енерговитрати серед iнших культур сiвозмiні – лише 9013 МДж/га на контролi (без добрив) за К<sub>еє</sub> – 3,25. Навiть за застосування 2-ї норми добрив (N<sub>30</sub>P<sub>60</sub>K<sub>100</sub>) загальні енерговитрати зросли до 13995 МДж/га, К<sub>еє</sub> був на рiвнi 3,65, що iстотно

**Таблиця 4. Показники енергетичної ефективності вирощування культур 5-пiльної зерно-пропашної сiвозмiні залежно вiд рiзних норм добрив (с. Христинiвка Народицького р-ну Житомирської обл.) 2015–2019 рр.**

Культура сiвозмiні	Удобрення	Витрати енергiї, МДж/га	Енергомiсткiсть врожаю, МДж/га	К <sub>еє</sub>
Овес	Без добрив (контроль)	10785	41455	3,84
	N <sub>70</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	18915	57029	3,02
	N <sub>70</sub> P <sub>90</sub> K <sub>120</sub>	20291	58711	2,89
Люпин	Без добрив (контроль)	9013	29330	3,25
	N <sub>30</sub> P <sub>40</sub> K <sub>50</sub>	13069	43984	3,37
	N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>100</sub>	13953	50901	3,65
Тритикале яре	Без добрив (контроль)	11284	60260	5,34
	N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>80</sub>	21066	78133	3,71
	N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>160</sub>	22508	82114	3,65
Буряки кормові	Без добрив (контроль)	17697	94624	5,35
	N <sub>120</sub> P <sub>100</sub> K <sub>160</sub>	33701	146727	4,35
	N <sub>120</sub> P <sub>150</sub> K <sub>320</sub>	37659	153809	4,08
Кукурудза на зерно	Без добрив (контроль)	11840	67632	5,71
	N <sub>120</sub> P <sub>100</sub> K <sub>80</sub>	25280	108939	4,31
	N <sub>120</sub> P <sub>150</sub> K <sub>160</sub>	28574	113963	3,99
У середньому по сiвозмiні	Без добрив (контроль)	12124	58660	4,70
	NPK (Норма 1)	22406	86962	3,75
	NPK (Норма 2)	24597	91900	3,65

перевищував значення для вівса за тієї самої інтенсивності удобрення, що пояснюється природною здатністю люпину до біологічної фіксації атмосферного азоту, що знижує потребу в азотних добривах та відповідно енерговитрати.

Тритикале яре серед культур сівозміни вирізнялося оптимальним співвідношенням між витратами енергії та енергомісткістю врожаю. На контролі Кее становив 5,34, що є другим за величиною показником серед зернових після кукурудзи на зерно. Внесення мінеральних добрив у нормі  $N_{90}P_{60}K_{160}$  обумовило збільшення загальних енерговитрат до 22508 МДж/га та Кее на рівні 3,65, що порівняно з вівсом за аналогічного рівня удобрення, перевершує Кее майже на 0,8 одиниці, що вказує на високу адаптивність та пластичність тритикале ярого, а також високу здатність до ефективного засвоєння елементів живлення з ґрунту, особливо в умовах інтенсивного удобрення.

Згідно з проведеним аналізом показників енергетичної ефективності вирощування у розрізі культур сівозміни встановлено, що буряки кормові – найбільш енергомістка культура у сівозміні за абсолютними показниками: енерговитрати коливаються від 17697 МДж/га (контроль) до 37659 МДж/га (за 2-ї норми –  $N_{120}P_{150}K_{230}$ ), але водночас спостерігається найвища енергоємність врожаю культури – від 94624 до 153809 МДж/га. Коефіцієнт енергетичної ефективності залишався стабільно високим – від 4,35 до 4,08, навіть за умови подвоєння енерговитрат за рахунок внесення мінеральних добрив.

Серед культур сівозміни кукурудза забезпечила найвищий Кее – 5,71 на контролі (без добрив), що вказує на виняткову енергетичну ефективність її вирощування за умови помірного ресурсного навантаження. Навіть за збільшення енерговитрат до 28574 МДж/га за 2-ї норми удобрення ( $N_{120}P_{150}K_{160}$ ), Кее залишався на рівні 3,99, що є вище, ніж за вирощування вівса, люпину та тритикале ярого на фоні застосування підвищених норм мінеральних добрив. Це зумовлено високою врожайністю зерна кукурудзи та високою енергетичною цінністю її продукції.

## Висновки

Визначено, що урожайність сільськогосподарських культур варіювала залежно від культури сівозміни, погодних умов і варіанта удобрення. Застосування мінеральних добрив, особливо 2-ї норми, забезпечило приріст урожайності на 27–42 % порівняно з контролем. Найвищу врожайність у середньому за

2015–2019 рр. показали: кукурудза на зерно – 7,53 т/га, буряки кормові – 37,5 т/га та тритикале яре – 4,99 т/га, дещо нижчу відповідно овес – 3,63 т/га та люпин – 2,88 т/га.

Хімічний склад основної продукції культур 5-пільної сівозміни свідчить про позитивний вплив норм мінерального удобрення на вміст поживних речовин. Найбільший вміст сирого протеїну був у зерні люпину (до 30,59 %), що зумовлено біологією бобової культури, а серед зернових культур у тритикале ярого (до 12,12 %). У коренеплодах буряків кормових сирий протеїн становив 2,16–2,58 %, але також зростав за внесення добрив. Кількість клітковини коливалась від 0,97 % у буряках до 13,95 % у зерні люпину, жиру – від 0,13 % до 5,49 % (максимум – у люпині та кукурудзі), золи – 1,50–3,09 %.

Мінеральні добрива істотно підвищували продуктивність усіх культур 5-пільної сівозміни. Середній збір зернових одиниць із 1 га сівозмінної площі зріс від 4,56 т на контролі до 6,83 т за 1-ї норми та 7,25 т за 2-ї норми добрив, кормових одиниць – відповідно від 5,78 т до 8,63 і 9,12 т. Перетравний протеїн підвищився від 0,46 т/га (контроль) до 0,68 т/га (1-ша норма) та 0,73 т/га (2-га норма). Найбільший вплив добрив відмічено у кукурудзи, буряків кормових і люпину.

Встановлено, що добрива мали істотний вплив на економічні показники, зокрема, середній умовно чистий прибуток по сівозміні на 1 га сівозмінної площі становив: контроль – 11024 грн, 1-ша норма – 12727 грн, 2-га норма – 8887 грн. Оптимальною виявилася 1-ша норма NPK, яка забезпечила найкраще співвідношення врожайності – витрати та рентабельності 34%. Для окремих культур (овес, люпин, тритикале) надмірне удобрення знижувало прибутковість через значне зростання виробничих витрат за відносно невеликого приросту врожаю. Найвищий економічний ефект серед культур забезпечили буряки кормові та кукурудза на зерно.

Визначено, що внесення добрив збільшувало загальні енерговитрати: у середньому від 12124 МДж/га (контроль) до 22406 МДж/га (1-ша норма) і 24597 МДж/га (2-га норма). До того ж коефіцієнт енергетичної ефективності (Кее) знижувався від 4,70 до 3,75 і 3,65, але залишався >3, що свідчить про високий рівень енергоокупності. Найбільш енергетично ефективними були кукурудза (Кее до 5,71 на контролі) та буряки кормові, тоді як овес за інтенсивного удобрення мав найнижчі показники Кее.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Оптимізація удобрення та родючості ґрунту в сівозмінах / за ред. А.С. Заришняка. Київ: Аграрна наука, 2015. 207 с.
2. Камінський В.Ф. Сівозміна як основа сталого землекористування та продовольчої безпеки України. *Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства НААН»*. 2015. Вип 2. С. 3–15.
3. Агроекономічне та екологічне оцінювання сівозміни. Наукове видання / за ред. Харченка О.В., Міщенко Ю. Г. Суми: Мрія. 2015. 70 с.
4. Гамаюнова В.В., Хоненко Л.Г., Бакланова Т.В., Коваленко О.А., Пилипенко Т.В. Сучасні підходи до застосування мінеральних добрив за збереження ґрунтової родючості в умовах зміни клімату. *Наукові горизонти*. 2020. № 02(87). С. 90–101.
5. Камінський В.Ф. Наукові основи оптимізації живлення рослин в сучасних системах землеробства. *Міжвідомчий тематичний науковий збірник «Землеробство»*. 2018. Вип. 2. С. 3–6.
6. Бойко П.І., Мартинюк І.В., Цимбал Я.С. Становлення сівозмінних принципів у системах землеробства. *Вісник аграрної науки*. 2021. № 3. С. 5–13. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202103-01>.
7. Цимбал Я.С., Бойко П.І., Мартинюк І.В., Пташнік М.М. Продуктивність короткоротаційних сівозмін в зоні Лісостепу за різних рівнів інтенсифікації. *Вісник аграрної науки*. 2022. № 4. С. 23–29. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202204-03>.
8. Господаренко Г.М., Черно О.Д., Мартинюк А.Т., Бойко В.П. Винесення основних елементів живлення з ґрунту культурами польової сівозміни за різного удобрення. *Агрохімія і ґрунтознавство*. 2021. Вип. 91. С. 31–40. DOI: <https://doi.org/10.31073/acss91-04>.
9. Яценко Л. А., Ювчик Н. О. Винос та баланс елементів живлення за вирощування пшениці озимої на дерново-підзолистому ґрунті. Аграрні інновації. 2025. № 30. С. 180–186. DOI: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2025.30.25>.
10. Prymak I., Fedoruk Y., Grabovskyi M., et al. Productivity, economic and energy efficiency of short crop rotation under different systems of basic soil tillage and fertilisation in the Right Bank Forest Steppe of Ukraine. *Scientific Papers Series «Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development»*. 2024. Vol. 24, Issue 1. P. 125–140. DOI: [https://managementjournal.usamv.ro/pdf/vol.22\\_4/Art66.pdf](https://managementjournal.usamv.ro/pdf/vol.22_4/Art66.pdf).
11. Шаповал І.С., Векленко Ю.А., Кравченко В.П., Ярмілко С.А., Яремич Л.В. Ефективність кормових сівозмін за різних систем удобрення в умовах Лівобережного Лісостепу. Корми і кормовиробництво. 2024. № 97. С. 95–105. DOI: <https://doi.org/10.31073/kormovyrobnytsstvo202497-10>.
12. Kalenska S., Kashtanova O., Kalenskyi V., et al. Economic and Energy Efficiency of Technologies for Growing Corn Hybrids Depending on the Type and Methods of Applying Fertilizers. *Plant and soil science*. 2022. №1. P. 1–3. URL: <https://agricultural-science.com.ua/uk/current?page=2>.
13. Kalenska, S. Food security and innovative solutions in crop production. *Plant and Soil Science*. 2022. 13(2). 14–26. DOI: [https://doi.org/10.31548/agr.13\(2\).2022.14-26](https://doi.org/10.31548/agr.13(2).2022.14-26).
14. Медведєв Е. Б. Економічна ефективність вирощування сільськогосподарських культур залежно від способів обробітку ґрунту і добрив у Північному степу України. *Зернові культури*. Том 4. № 1. 2020. С. 209–214. <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0128>.
15. Khalep Y., & Moskalenko A. Еколого-економічні аспекти ефективності органічних рослинницьких моделей Полісся. *Agricultural and Resource Economics: International Scientific E-Journal*. 2020. 6(4). С.5–19. DOI: <https://doi.org/10.51599/are.2020.06.04.01>.

## REFERENCES

1. *Optymizatsiia udobrennia ta rodiuchosti gruntu v sivozminakh [Optimization of fertilization and soil fertility in crop rotations]* (2015) / Za red. A. S. Zaryshniaka. Kyiv: Ahrarna nauka [in Ukrainian].
2. Kaminskyi V. F. (2015). Sivozmina yak osnova staloho zemlekorystuvannia ta prodovolchoi bezpeky Ukrainy [Crop rotation as the basis of sustainable land use and food security in Ukraine]. *Zbirnyk naukovykh prats NNTs «Instytut zemlerobstva NAAN» – Collection of scientific papers of the National Scientific Center «Institute of Agriculture of the National Academy of Sciences of Ukraine»*, 2, 3–15 [in Ukrainian].
3. *Ahroekonomichne ta ekolohichne otsiniuvannia sivozminy [Agroeconomic and ecological assessment of crop rotation]*. (2015). Naukove vydannia / Za red. Kharchenka O. V., Mishchenka Yu. H. Sumy: Mriia [in Ukrainian].
4. Hamaiunova V. V., Khonenko L. H., Baklanova T. V., Kovalenko O. A., Pylypenko T. V. (2020). Suchasni pidkhody do zastosuvannia mineralnykh dobryv za

- zberezhennia gruntovoi rodiuchosti v umovakh zminy klimatu [Modern approaches to the use of mineral fertilizers while preserving soil fertility in the face of climate change]. *Naukovi horyzonty – Scientific horizons*, 02(87), 90–101 [in Ukrainian].
5. Kaminskyi V. F. (2018). Naukovi osnovy optymizatsii zhyvlennia roslyn v suchasnykh systemakh zemlerobstva [Scientific foundations of plant nutrition optimization in modern farming systems]. *Mizhvidomchyi tematychnyi naukovyi zbirnyk «Zemlerobstvo» – Interdepartmental thematic scientific collection «Agriculture»*, 2, 3–6 [in Ukrainian].
  6. Boiko P. I., Martyniuk I. V., Tsymbal Ya. S. (2021). Stanovlennia sivozminnykh pryntsyviv u systemakh zemlerobstva [Formation of crop rotation principles in agricultural systems]. *Visnyk ahrarnoi nauky – Bulletin of Agricultural Science*, 3, 5–13. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202103-01> [in Ukrainian].
  7. Tsymbal Ya.S., Boiko P.I., Martyniuk I.V., Ptashnik M.M. (2022). Produktivnist korotkorotatsiinykh sivozmin v zoni Lisostepu za riznykh rivniv intensyfikatsii [Productivity of short-rotation crop rotations in the Forest-Steppe zone at different levels of intensification]. *Visnyk ahrarnoi nauky – Bulletin of Agricultural Science*, 4, 23–29. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202204-03> [in Ukrainian].
  8. Hospodarenko H.M., Cherny O.D., Martyniuk A.T., Boiko V.P. (2021). Vynesennia osnovnykh elementiv zhyvlennia z gruntu kulturamy polovoi sivozminy za riznoho udobrennia [Removal of essential nutrients from the soil by field crop rotation crops under different fertilization]. *Ahrokhimiia i gruntoznavstvo – Agrochemistry and soil science*, 91, 31–40. DOI: <https://doi.org/10.31073/acss91-04> [in Ukrainian].
  9. Iashchenko L.A., Yuvchuk N.O. (2025). Vynos ta balans elementiv zhyvlennia za vyroshchuvannia pshenytsi ozymoi na dernovo-podzolistomu grunti [Removal and balance of nutrients during the cultivation of winter wheat on sod-podzolic soil]. *Ahrarni innovatsii – Agricultural innovations*, 30, 180–186. DOI: <https://doi.org/10.32848/agar.innov.2025.30.25> [in Ukrainian].
  10. Prymak I., Fedoruk Y., Grabovskyi M., et al. (2024). Productivity, economic and energy efficiency of short crop rotation under different systems of basic soil tillage and fertilisation in the Right Bank Forest Steppe of Ukraine. *Scientific Papers Series «Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development»*, 24/1, 125–140. DOI:[https://managementjournal.usamv.ro/pdf/vol.22\\_4/Art66.pdf](https://managementjournal.usamv.ro/pdf/vol.22_4/Art66.pdf) [in English].
  11. Shapoval I. S., Veklenko Yu. A., Kravchenko V. P., Yarmilko S. A., Yaremych L. V. (2024). Efektyvnist kormovykh sivozmin za riznykh system udobrennia v umovakh Livoberezhnoho Lisostepu [Efficiency of fodder crop rotations under different fertilization systems in the conditions of the Left-Bank Forest-Steppe]. *Kormy i kormovyrobnytstvo – Feed and feed production*, 97, 95–105. DOI:<https://doi.org/10.31073/kormovyrobnytstvo202497-10> [in Ukrainian].
  12. Kalenska S., Kashtanova O., Kalenskyi V., et al. (2022). Economic and Energy Efficiency of Technologies for Growing Corn Hybrids Depending on the Type and Methods of Applying Fertilizers. *Plant and soil science*, 1, 1–3. URL: <https://agricultural-science.com.ua/uk/current?page=2> [in English].
  13. Kalenska, S. (2022). Food security and innovative solutions in crop production. *Plant and Soil Science*, 13(2), 14–26. DOI:[https://doi.org/10.31548/agr.13\(2\).2022.14-26](https://doi.org/10.31548/agr.13(2).2022.14-26) [in English].
  14. Medvediev E. B. (2020). Ekonomichna efektyvnist vyroshchuvannia silskohospodarskykh kultur zalezno vid sposobiv obrobittu gruntu i dobyv u pivnichnomu stepu Ukrainy [Economic efficiency of growing crops depending on soil cultivation methods and fertilizers in the northern steppe of Ukraine]. *Zernovi kultury – Cereal crops*, 4/1, 209–214. DOI: <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0128> [in Ukrainian].
  15. Khalep Y., & Moskalenko A. (2020). Ekolohe-ekonomichni aspekty efektyvnosti orhanichnykh roslynnytskykh modelei Polissia [Ecological and economic aspects of the effectiveness of organic crop production models in Polissya]. *Agricultural and Resource Economics: International Scientific E-Journal*, 6(4), 5–19. DOI:<https://doi.org/10.51599/are.2020.06.04.01> [in English].

### Palamarchuk R.P.

#### *Productivity of 5-pole grain-seed crop rotation depends on fertilization rate in Polyssya conditions*

**Aim.** To establish the impact of mineral fertilizer rates for crops of 5-field grain-row crop rotation on their yield and productivity and the economic efficiency of cultivation on sod-podzolic soil of the 2nd zone of radioactive contamination. **Methods.** The technology of growing agricultural crops in the experiment is generally accepted and recommended for the research area. In the variants provided for by the research scheme, chemical plant protection products were used to grow competitive marketable products. **Results.** The results of research conducted

in a stationary field experiment during 2015–2019 convincingly indicate that the application of dolomite flour at a dose of 5 t/ha, the application of cattle humus at a dose of 8 t/ha in 2014, and the applied fertilizer rates for agricultural crops of a 5-crop grain-row crop rotation (oats - lupine - spring triticale - fodder beet - grain corn) during the research period and the crop rotation factor had a positive effect on increasing the yield and productivity of the studied crop rotation crops, as well as their economic feasibility. **Conclusions.** In particular, the highest yield was at the 2nd fertilizer rate: 3.63 t/ha of oats, 2.88 t/ha of lupine, 4.99 – triticale, 7.53 – of corn and 37.5 t/ha of fodder beet. At the 2nd fertilizer rate, productivity was also higher, where the harvest from 1 ha of crop rotation area was 7.25 t of grain, 9.12 t of fodder units and 0.73 t of digestible protein. While the conditional net profit was higher at the 1st fertilizer rate of 12.73 thousand UAH from 1 ha of arable land with a profitability of 34%.

**Key words:** yield, product quality, intensification, agrocenosis, economic and energy efficiency, agriculture.

#### ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

**Паламарчук Р.П.**, перший заступник генерального директора Державної установи «Інститут охорони ґрунтів України», e-mail: prp777@ukr.net, ORCID: 0000-0002-5965-1305.

**Palamarchuk R.P.**, First Deputy General Director of the State Institution «Institute of Soil Protection of Ukraine», e-mail: prp777@ukr.net, ORCID: 0000-0002-5965-1305.

Надійшла 19.05.2025

## ВИРОЩУВАННЯ ЯЧМЕНЮ ОЗИМОГО В СУЧАСНИХ КЛІМАТИЧНИХ УМОВАХ У ПІВНІЧНОМУ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

В.М. Юла, П.В. Романюк

ННЦ «ІЗ НААН» (с-ще Чабани, Україна)

**Мета.** Встановити найефективнішу технологію вирощування ячменю озимого в умовах Північного Лісостепу України. **Методи.** Польовий лабораторно-аналітичний, розрахунковий, статистичний. **Результати.** Встановлено, що внаслідок змін клімату виникла можливість вирощувати ячмінь озимий, найбільш теплолюбну з усіх озимих зернових культур в умовах півночі Лісостепу України. На ріст та розвиток рослин ячменю озимого найвищий негативний вплив мали погодні умови осіннього періоду вегетації, зокрема дефіцит вологи у допосівний та післяпосівний періоди, або ж запливання ґрунту від надлишкових опадів зливого характеру після сівби до появи сходів. Теплі зими сприяли повільному протіканню ростових процесів у рослинах ячменю озимого кожного з досліджуваних років, що мало як позитивні, так і негативні наслідки, оскільки за цей період покращувались морфологічні показники ценозу, в той самий час це призводило до зниження зимостійкості рослин і можливої подальшої їх загибелі, особливо наприкінці перезимівлі. **Висновки.** Найефективнішою за 2020–2024 рр. виявилася інтенсивна технологія вирощування ячменю озимого, яка передбачала на фоні заробляння побічної продукції попередника допосівне внесення мінерального добрива у дозі  $P_{90}K_{90}$  та азотні підживлення на II, IV й VIII етапах органогенезу у дозах 20, 50 і 20 кг/га, а також застосування інтегрованої системи захисту рослин. Така технологія забезпечила отримання врожайності 5,42 т/га, що на 2,86 т/га більше, ніж на контролі, 7,23 тис. грн/га умовно чистого прибутку за рентабельності 24% і 30,71 тис. грн/га виробничих витрат. Високоінтенсивна технологія (побічна продукція попередника +  $P_{135}K_{135}N_{30(II)+75(IV)+30(VII)}$  + інтегрована система захисту) хоч і була продуктивнішою (врожайність 5,68 т/га), проте через високу затратність (43,29 тис. грн/га) виявилася збитковою через значне вилягання рослин у 2024 р., що обмежило реалізацію генетичного потенціалу культури.

**Ключові слова:** доза добрив, зимостійкість, кількість рослин, погодні умови, модель технології, система захисту, урожайність.

**Вступ.** Ячмінь озимий є цінною кормовою культурою з потенціалом урожайності понад 10 т/га [1]. Перевагами озимого ячменю над ярим є те, що він має вищу врожайність, менше вимогливий до попередників, дозріває на 10–16 діб раніше.

З озимих культур ячмінь є найменш зимостійким [2]. Саме це визначило ареал його вирощування переважно в південних районах держави. Навіть зимові погодні умови Північного Степу донедавна вважалися складними для ячменю озимого [3]. Вирощування цієї культури у північніших районах було ризикованим і тому ареал розповсюдження ячменю озимого обмежувався кліматичними

умовами степової зони. Потепління клімату, яке спостерігається в Україні в останнє десятиліття сприяло ефективній інтродукції цієї високоврожайної культури у північні райони лісостепової зони, де її перезимівля завжди була проблематичною [4].

Втім вирощування ячменю озимого у північних регіонах України вимагає вирішення деяких питань, які потребують вивчення. Насамперед це підбір сорту, який має бути типово озимої форми (не дворучка). З іншого боку, потрібно підібрати вдалу технологію вирощування, що забезпечить максимальну реалізацію генетичного потенціалу сорту.

Саме на вирішення цих завдань були спрямовані наші дослідження, які проводили впродовж 2020–2024 рр.

**Мета.** Встановити найефективнішу технологію вирощування ячменю озимого в умовах Північного Лісостепу України.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Вагомі дослідження з питань адаптації ячменю озимого у північних районах Лісостепу України до цього часу були відсутні. Причиною цього є ареал розповсюдження культури. Це здебільшого південні райони країни з теплішими зимами та західні райони, в яких клімат більш м'який [5–7].

Найефективніші дослідження з ячменем озимим проводяться у Центральному Лісостепу, а саме у Миронівському інституті пшениці імені В.М. Ремесла НААН. Кліматичні умови цього регіону наближені до північних районів Лісостепу, але ці дослідження мають переважно селекційний напрям [8]. Дійсно, останнім часом у цій установі виведено багато сортів ячменю озимих форм, які адаптовані до умов Лісостепу, більш морозо- та зимостійкі, на відміну від сортів виведених на Півдні України [9]. Саме із сортом селекції Миронівського інституту пшениці імені В.М. Ремесла НААН Палладін Миронівський ми і проводили наші дослідження.

Інтродукція культури у більш суровіші за погодними умовами, північні райони Степу вимагає додаткового вивчення її зимостійкості. Цим питанням тісно займалися науковці Дніпровського державного аграрно-економічного університету [10–12]. На заході України, де кліматичні умови менш континентальні [13] і більше підходять до вирощування ячменю озимого над питанням перезимівлі рослин працювали вчені Інституту сільського господарства Карпатського регіону [14]. Також питанням виживаності рослин ячменю озимого у період перезимівлі і її впливу на продуктивність культури займалися в Інституті степової зони [15; 16]. Слід відмітити, що в ННЦ «ІЗ НААН», дослідні поля якого знаходяться у Північному Лісостепу, з 1984 р. була неодноразова спроба проводити дослідження з ячменем озимим для розв'язання технологічних питань. І кожного разу погодні умови зимового періоду вносили свої корективи, культура повністю гинула переважно через вимерзання, як правило, через кожні 2–3 роки. І тільки починаючи з 2020 р., внаслідок потепління клімату нами було отримано стабільний результат із

вирощування ячменю озимого за різними технологіями у північній частині Лісостепу України [17].

#### **Матеріали та методи досліджень**

**Методика досліджень.** Дослідження проводили впродовж 2020–2024 рр. у Національному науковому центрі «Інститут землеробства Національної академії аграрних наук України» на темно-сірому опідзоленому ґрунті у стаціонарному довготривалому досліді відділу технологій зернових колосових культур у Фастівському р-ні Київської обл.

Агрохімічна характеристика темно-сірого опідзоленого ґрунту, на якому закладено дослід така: вміст гумусу – 1,94%, вміст лужногідролізованого азоту (за Корнфілдом) – 97 мг N на кг ґрунту (дуже низький рівень), вміст рухомого фосфору (за Чириковим) – 172 мг/кг ґрунту (високий рівень), вміст рухомого калію (за Чириковим) – 102 мг/кг ґрунту (підвищений рівень). Реакція ґрунтового середовища ( $\text{pH}_{\text{сол.}}$  5,3) – слабкокисло, гідролітична кислотність – 2,89 м-екв/100 г ґрунту, сума вібраних основ – 13,1 м-екв/100 г ґрунту.

Система обробітку ґрунту загальноприйнята для лісостепової зони і включає обробіток дисковою бороною АГД – 2,5 на глибину 10–12 см, до якісного заробляння побічної продукції попередника (гречки). Передпосівний обробіток ґрунту здійснювали агрегатом типу «Європак» на глибину загортання насіння.

Ячмінь озимий висівали в оптимальні для зони строки посіву, а саме наприкінці третьої декади вересня з нормою 4,5 млн схожих насінин на 1 га.

Збирання врожаю проводили з кожного варіанта досліді прямим комбайнуванням комбайном «SAMPO-130», з поділянковим зважуванням і перерахуванням на 100% чистоту та 14% вологість зерна.

Сорт ячменю озимого Палладін Миронівський – селекції МПП, включений до Реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні з 2014 р.

Аналіз адаптації рослин ячменю озимого до умов Північного Лісостепу здійснювали за вирощування їх за такими моделями технології: ресурсощадною, інтенсивною та високоінтенсивною, які прирівнювались до контролю (табл. 1).

В основу розроблення моделей технологій вирощування досліджуваних культур закладена система удобрення, яка ґрунтується на внесенні рекомендованої для культури за результатами багаторічних досліджень у даних ґрунтово-кліматичних умовах дози добрив та її диференціації (зменшення і збільшення).

Фосфорні та калійні добрива під культуру вносили в основне удобрення – в один строк під основний

Таблиця 1. Схема досліду, 2020–2024 рр.

№ з/п	Модель технології	Зміст технології	
		система удобрення	система захисту
1	Спрощена (контроль)	Без мінеральних добрив (побічна продукція попередника)	Мінімальна (протруєння насіння, застосування гербіциду)
2	Ресурсоощадна	Побічна продукція попередника + допосівне внесення $P_{45}K_{45}$ + підживлення $N_{20}$ на II та $N_{25}$ на IV етапах органогенезу	Інтегрована (те ж що й мінімальна + обробка посівів препаратами на основі моніторингу за розповсюдженням шкідників, хвороб, запобігання виляганню та застосування стимуляторів росту)
3	Інтенсивна	Побічна продукція попередника + допосівне внесення $P_{90}K_{90}$ + підживлення $N_{20}$ на II та $N_{50}$ на IV та $N_{20}$ на VIII етапах органогенезу	
4	Високоінтенсивна	Побічна продукція попередника + допосівне внесення $P_{135}K_{135}$ + підживлення $N_{30}$ на II та $N_{75}$ на IV та $N_{30}$ на VIII етапах органогенезу	

обробіток ґрунту, азотні – в два-три строки залежно від варіанта досліду відповідно на II IV VIII етапах органогенезу рослин. Мінеральні добрива застосовувалися у досліді на фоні заробляння побічної продукції попередника.

Мінімальна система захисту рослин – протруєння насіння та обробка посівів гербіцидами.

Інтегрована система захисту рослин включала протруєння насіння, обробку посівів препаратами згідно з розповсюдженням бур'янів, шкідників, хвороб, запобігання виляганню та застосування стимуляторів росту. Вид і дози пестицидів залежали від фітосанітарного стану ценозу.

Повторність досліду – чотириразова. Загальна площа під дослідом сягає 0,32 га, площа облікової ділянки – 12,4 м<sup>2</sup>.

**Методи досліджень** – загальноприйняті для польових дослідів і лабораторних аналізів. Польові досліді закладали й виконували з урахуванням вимог методики дослідної справи [18; 19].

**Погодні умови** – один із найважливіших чинників формування продуктивності всіх сільськогосподарських культур, тому їх аналіз проведемо досить розширено і звернемо увагу на ті негативні чинники, які, на нашу думку, найбільш негативно вплинули на ріст та розвиток рослин ячменю озимого. Оскільки з усіх озимих культур ячмінь є найбільш теплолюбною культурою, особливу увагу слід звернути на умови осінньо-зимового періоду.

Зокрема, посів ячменю озимого в умовах осені 2020 р. провели хоч і в оптимальний для зони строк (25 вересня), але в не досить зволожений ґрунт. Однак завдяки ефективним опадам (28 мм) наприкінці

вересня та на початку жовтня вже через 10 діб (6 жовтня) було отримано повні сходи.

За результатами морфологічного аналізу, 16 листопада зафіксовано припинення осінньої вегетації, яка тривала 42 доби. За цей період сума ефективних температур вище +5 °С сягала 201 °С за норми 200–225 °С.

Після припинення активної осінньої вегетації і до середини третьої декади січня відмічено два короткотермінових періоди ускладнення агрометеорологічних умов перезимівлі. Перший – на початку другої декади грудня, коли внаслідок випадіння дощу на замерзлий ґрунт за від'ємної температури повітря (мінус 4,4 °С) спостерігалось обледеніння листово-стеблової маси рослин, утворення льодової кірки завтовшки 2–3 см. Втім за короткої тривалості залягання льодової кірки (5 діб) і наступного настання позитивних середньодобових температур не відмічено негативного впливу цього явища на рослини ячменю озимого. Другий період – із 15 по 20 січня, коли середньодобова температура повітря становила мінус 14–16 °С. Завдяки наявності снігового покриву (7–9 см) у період значних морозів та короткій тривалості цього періоду, мінімальна температура ґрунту на глибині залягання вузлів кушення не опускалась нижче, ніж мінус 7,5 °С, що було вище критичних меж вимерзання і не мало негативних наслідків на рослини ячменю озимого.

Подальша вегетація ячменю озимого проходила без ускладнень, аж до його збирання.

Погодні умови 2021-2022 вегетаційного року значною мірою вплинули на формування продуктивності ячменю озимого. Сівбу в умовах осені 2021 р.

провели в оптимальні для зони строки (23 вересня) з відповідними нормами висіву. Завдяки опадам наприкінці вересня (сума яких становила 9,2 мм, або 21% від норми за третю декаду) вже через 11 діб (4 жовтня) було зафіксовано повні сходи. Втім ці опади були зливого характеру, після яких за увесь період осінньої вегетації не було їх поповнення, тому утворилася потужна ґрунтова кірка, яка негативно вплинула на польову схожість і у подальшому – на густоту агрофітоценозу рослин ячменю озимого.

Наприкінці першої декади листопада внаслідок зниження середньодобових температур менше 5 °С відмічено припинення їх активної вегетації. Тому, тривалість осінньої вегетації ячменю у 2021 р. сягала 36 днів, а сума ефективних температур вище +5 °С – лише 110 °С, замість необхідних 200–225 °С. Через це на час припинення осінньої вегетації рослини ячменю озимого перебували на початку кущення (20–21 стадії розвитку за ВВСН).

Агротемпературні умови для перезимівлі культури у грудні та січні були задовільними. Рослини знаходилися у стані зимового спокою. Мінімальна температура ґрунту на глибині залягання вузлів кущення ячменю озимого впродовж місяця не опускалась нижче мінус 5 °С, що значно вище критичних меж вимерзання. У першій та другій декадах лютого рослини ячменю озимого перебували у стані неглибокого зимового спокою, а на початку третьої декади, 21–22 лютого, відбувся перехід середньодобових температур через +5 °С, у результаті чого у культури спостерігали відновлення ростових процесів. Однак активного відновлення весняної вегетації у цей час не відбулося. Перша і друга декади березня виявились ще прохолоднішими, ніж відповідні декади лютого, а стійкий перехід середньодобових температур через +5 °С відбувся лише 21 березня, у результаті чого рослини ячменю озимого відновили весняну вегетацію.

Сівбу ячменю озимого в умовах осені 2022 р. провели в оптимальні для зони строки (25 вересня) з відповідними нормами висіву у зволожений ґрунт. Завдяки ефективним опадам наприкінці вересня та теплій погоді вже через 8 діб (3 жовтня) було зафіксовано повні сходи.

У жовтні агротемпературні умови для вегетації озимих зернових культур склалися задовільно. З 17 листопада зафіксовано припинення активної вегетації ячменю озимого, яка тривала 45 діб. Сума ефективних температур вище +5 °С за цей період становила 200–225 °С, що відповідає нормі.

Агротемпературні умови для перезимівлі ячменю озимого у грудні та січні були задовільними. Рослини знаходилися в стані зимового спокою. Мінімальна температура ґрунту на глибині залягання вузлів кущення впродовж місяця не опускалась нижче мінус 3 °С, що значно вище критичних меж вимерзання.

Перезимівля ячменю озимого у лютому та березні проходила за підвищеного температурного режиму (середньодобова місячна температура повітря становила мінус 0,1 °С, за норми – мінус 2,3 °С). Рослини перебували у стані неглибокого зимового спокою, у денні години, за підняття денних температур понад +5 °С у них спостерігалось повільне протікання ростових процесів. Через це на час відновлення весняної вегетації, яке відбулося 23 березня 2023 р. рослини ячменю озимого були вже на 29 стадії розвитку за ВВСН. Подальша вегетація культури в умовах року відбувалася без ускладнень.

Сівбу ячменю озимого в умовах осені 2023 р. провели в оптимальні для зони строки (27 вересня) з відповідними нормами висіву у практично сухий ґрунт. Запаси продуктивної вологи в орному шарі ґрунту на час сівби ячменю озимого становили всього 6–8 мм за норми 20–25 мм.

Попри теплу погоду, відсутність ефективних опадів у першій та на початку другої декади жовтня стримувало появу сходів ячменю озимого. І лише після ефективних опадів (20 мм), які випали 13 жовтня, почали з'являтися сходи, повноцінну появу яких зафіксовано 23 жовтня. Досить тепла дощова погода у третій декаді жовтня була надзвичайно сприятливою для культури. На посівах внаслідок достатнього вологозабезпечення та оптимального теплозабезпечення активізувалися ростові процеси, створювалися сприятливі умови для інтенсивного накопичення вегетативної маси та укорінення рослин. Однак, незважаючи на повернення тепла і достатню зволоженість, фазовий розвиток ячменю озимого відбувся на 2–3 тижні пізніше середніх багаторічних термінів внаслідок попереднього посушливого періоду.

З 16 листопада стався стійкий перехід середньодобових температур через +5 °С у бік зниження, у результаті чого культура припинила активну осінню вегетацію, яка сягала 25 діб за необхідних 40–45 діб. Сума ефективних температур вище +5 °С з дати отримання сходів (23 жовтня) була лише 103 °С, замість необхідних 200–225 °С.

Такий перебіг погодних умов осені 2023 р. став причиною того, що рослини ячменю озимого входили в зиму дещо ослабленими з низьким вмістом цукрів (15-16%) у вузлах кущення.

Агрометеорологічні умови пізньої осені та перших двох місяців зими для перезимівлі ячменю озимого були задовільними. У січні рослини знаходилися в стані глибокого зимового спокою. Мінімальна температура ґрунту на глибині залягання вузлів кущення у першій декаді за відсутності снігового покриву знижувалась до мінус 9 °С і нижче. Глибина промерзання ґрунту наприкінці декади становила 15–18 см.

Перезимівля культури у лютому проходила за підвищеного температурного режиму (середньодобова місячна температура повітря сягала 1,7 °С, за норми – мінус 2,3 °С) та кількості опадів, яка була 75% місячної норми). Впродовж усього місяця рослини ячменю озимого перебували у стані неглибокого зимового спокою, а у денні години, за перевищення денних температур понад +5 °С у рослин спостерігалось повільне проходження ростових процесів. Однак активного відновлення весняної вегетації у цей час не відбулося.

Агрометеорологічні умови ячменю озимого у першій та другій декадах березня були задовільними. 22 березня стався перехід середньодобових температур через +5 °С, у результаті чого рослини культури відновили весняну вегетацію. Подальша вегетація ячменю озимого проходила за задовільних погодних умов.

Тому, аналіз погодних умов осінньо-зимового періоду 2020–2024 рр. вказує на їх значну варіабельність та вплив на формування біометричних показників рослин, проте і засвідчує загальну зміну кліматичних умов, що, попри певні складності, дало можливість у ці роки успішно завершити перезимівлю ячменю озимого.

**Результати та їх обговорення.** Потепління клімату на ріст та розвиток ячменю озимого в умовах Північного Лісостепу впливає по-різному. З однієї сторони, це покращання умов перезимівлі, що раніше було проблемою, а з іншого боку, це зниження вологозабезпечення у період посів–сходи. Низька, а в окремі роки, повна відсутність продуктивної вологості у ґрунті не дає можливості отримати вчасні та рівномірні сходи відповідної густоти. У вересні-жовтні кількість опадів у наших умовах в середньому сягає 82 мм, що майже вдвічі менше потреби посівів (170 мм). Ймовірність випадіння оптимальної

кількості опадів у цей період становить не більше 1–12%. Саме це вимагає від аграріїв звернути особливу увагу на збереження і накопичення продуктивної вологи у допосівний літній період для озимих зернових культур. До цього потрібно додати той факт, що зерно ячменю озимого вкрито плівкою, тому для його проростання потрібно набагато більше вологи у ґрунті, ніж для інших озимих зернових.

Дослідженнями встановлено, що загибель рослин ячменю озимого за період сходи–припинення осінньої вегетації була більшою, ніж їх загибель за зимовий період (табл. 2). Зокрема за цей період кількість загинув рослин у сприятливих 2020–2021 та 2022–2023 рр. становила 1,9 та 2,2%, в той час як за зимовий період – 1,2 і 1,5%, відповідно. Така сама закономірність відмічалася і у несприятливі роки, а саме 2021–2022 та 2023–2024 рр.

У цьому випадку кількість загинув рослин за осінній період відповідно рокам становила 5,8 та 3,8%, у той час коли за зимовий період було всього 3,1 та 2,4%. І це при тому, що рослини ячменю озимого у ці роки через пізні сходи набрали недостатню кількість ефективних температур у 110°С і 103 °С, замість оптимальних 200–225 °С. У першому випадку причиною цьому була сильна ґрунтова кірка, яка стала причиною зріджених та ослаблених сходів, а в другому – сильна посуха, яка відтермінувала появу сходів ячменю до 23 жовтня. Такі несприятливі осінні умови для росту ячменю озимого у ці роки стали причиною зниження його густоти стояння. Так за густоти посіву у 450 шт./м<sup>2</sup> схожих насінин до припинення осінньої вегетації рослин у 2021 р. залишилося 330 шт./м<sup>2</sup>, а у 2023 р. – 385 шт./м<sup>2</sup>. Слід відмітити, що моніторинг стану рослин у осінньо-зимовий період проводили на варіанті досліду з інтенсивною моделлю технологією вирощування. Різниця між технологіями у осінньо-зимовий період була лише за дозами внесення фосфорних та калійних добрив, оскільки всі інші агротехнічні заходи, згідно зі схемою досліду проводилися після відновлення весняної вегетації рослин ячменю озимого. Подібна, але дещо згладжена закономірність стану перезимівлі рослин культури у осінньо-зимовий період відмічалася і в середньому за роки досліджень. Зокрема кількість загинув рослин за період сходи–припинення осінньої вегетації становила 3,3% (13 рослин), за зимовий період 2,1% (8 рослин) і за весь осінньо-зимовий період 5,3% (21 рослина).

В усі роки досліджень відмічалось поновлення ростових процесів під час перезимівлі ячменю

Таблиця 2. Динаміка щільності рослин ячменю озимого за осінньо-зимовий період вегетації

Біометричні та морфологічні показники за період сівба-відновлення весняної вегетації	2020–2021 рр.	2021–2022 рр.	2022–2023 рр.	2023–2024 рр.	2020–2024 рр.
Дата сівби/норма висіву, шт./м <sup>2</sup>	25.09/450	23.09/450	25.09/450	27.09/450	450
Повні сходи (дата)	06.10	04.10	03.10	23.10	–
Тривалість сходів, днів	10	11	8	26	–
Густота сходів, шт./м <sup>2</sup>	428	350	419	400	399
Польова схожість, %	95,2	77,8	93,2	88,9	88,8
Припинення осінньої вегетації (дата)	16.11	10.11	17.11	16.11	–
Кількість рослин на час припинення осінньої вегетації, шт./м <sup>2</sup>	420	330	410	385	386
Втрати рослин за період сходів припинення вегетації, шт./м <sup>2</sup>	8	20	9	15	13
Редукція рослин за період сходів-припинення вегетації, %	1,9	5,8	2,2	3,8	3,5
Відновлення весняної вегетації (дата)	26.03	21.03	23.03	22.03	-
Кількість рослин на час відновлення весняної вегетації, шт./м <sup>2</sup>	415	320	404	376	379
Втрати рослин за час зимового періоду, шт./м <sup>2</sup>	5	10	6	9	8
Редукція рослин за час зимового періоду, %	1,2	3,1	1,5	2,4	2,1
Втрати рослин за час осінньо-зимового періоду, шт./м <sup>2</sup>	13	30	15	24	21
Редукція рослин за час осінньо-зимового періоду, %	3,1	8,6	3,6	6,0	5,3

озимого. Про це свідчать дані зі збільшення за зимовий період вегетативної маси 100 рослин, їх висоти, коефіцієнта кущення та довжини конуса наростання. Інтенсивність такого росту залежала від характеру потеплінь за зимовий період (табл. 3).

У наших дослідженнях найінтенсивніше відновлення зимової вегетації відбулося взимку 2021–2022 рр. За цей період маса 100 рослин ячменю озимого збільшилася від 33 до 80 г, коефіцієнт кущення від 1,1 до 1,5, висота рослин від 9 до 13 см, а довжина конуса наростання – від 0,21 до 0,63 мм. Подібна закономірність, але менш виражена, була відмічена нами і в інші роки проведення досліджень. У середньому за чотири роки маса 100 рослин за період припинення осінньої вегетації–відновлення весняної у наших дослідженнях збільшилася від 78 до 125 г, коефіцієнт кущення від 2,2 до 2,5, висота рослин від 13 до 15 см, а довжина конуса наростання від 0,44 до 0,88 мм.

У такий спосіб, потепління клімату, яке відмічається в Україні останнім часом, призводить до нетривалого поновлення ростових процесів у рослинах ячменю озимого у зимовий період. З одного боку, це має позитивний ефект, оскільки недостатньо розвинені з осені внаслідок дефіциту вологозабезпечення посіви ячменю озимого покращують біометричні та морфологічні показники завдяки зимовій вегетації. З іншого боку, таке відновлення зимової вегетації надто знижує морозостійкість рослин і, якщо воно

відбувається у першій половині зими з подальшими навіть помірними морозами є велика ймовірність загибелі ячменю озимого. Втім у роки досліджень такого не трапилося і нами був отриманий урожай культури, який тісно корелював з умовами перезимівлі та технологіями її вирощування.

Аналіз результатів досліджень засвідчує, що найкращі умови для реалізації максимальної продуктивності ячменю озимого були у 2021 р. (табл. 4).

Зокрема у цьому році була отримана найвища за роки досліджень урожайність культури (7,68 т/га), яку забезпечила високоінтенсивна модель технології вирощування. Дещо нижчу врожайність – 7,05 т/га відмічено за інтенсивної технологією. Ці дві технології забезпечили приріст урожайності культури щодо контролю 4,64 і 4,01 т/га, відповідно.

Найнижчу врожайність ячменю озимого одержано у 2022 р. Причиною такої низької урожайності є довготривала ґрунтова кірка, яка утворилася внаслідок опадів зливого характеру, в процесі отримання сходів і після їх появи. Вона затримала ріст та розвиток ячменю озимого в осінній період, у результаті чого рослини ввійшли в зиму зрідженими і нерозкущеними. І хоча пасивне відновлення вегетації рослин ячменю озимого у зимовий період дещо покращило його стан до відновлення весняної вегетації стан ценозу рослин не давав можливості для реалізації їх максимального генетичного потенціалу. Тому

**Таблиця 3. Біометричні та морфологічні показники посівів ячменю озимого під час перезимівлі, 2020–2024 рр.**

Біометричні та морфологічні показники	2020–2021 рр.		2021–2022 рр.		2022–2023 рр.		2023–2024 рр.		2020–2024 рр.	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Маса 100 рослин, г	130	197	33	80	115	180	35	45	78	125
Коефіцієнт кущення	2,6	3,1	1,1	1,5	2,8	3,2	2,1	2,2	2,2	2,5
Висота рослин, см	16	18	9	13	15	16	13	14	13	15
Довжина конуса наростання, мм	0,63	1,05	0,21	0,63	0,52	1,10	0,41	0,77	0,44	0,88

Примітка. 1 – на час припинення осінньої вегетації; 2 – на час відновлення весняної вегетації.

**Таблиця 4. Урожайність ячменю озимого, залежно від технології вирощування, т/га**

Модель технології	2021 р.	+до конт-ролю	2022 р.	+до конт-ролю	2023 р.	+до конт-ролю	2024 р.	+до конт-ролю	2021–2024 рр.	+до конт-ролю
Спрощена (контроль)	3,04	–	1,59	–	2,87	–	2,75	–	2,56	–
Ресурсоощадна	4,88	1,84	2,35	0,76	4,73	1,86	4,31	1,56	4,06	1,50
Інтенсивна	7,05	4,01	3,07	1,48	5,72	2,85	5,85	3,10	5,42	2,86
Високоінтенсивна	7,68	4,64	3,56	1,97	6,27	3,40	5,22	2,47	5,68	3,12
НІР <sub>05</sub> , загальна, т/га	0,15		0,07		0,09		0,03		0,09	
Система захисту, т/га	0,04		0,02		0,03		0,01		0,02	
удобрення, т/га	0,11		0,05		0,06		0,02		0,06	
Частка участі факторів, %: система захисту	1,8		0,5		2,1		4,1		2,1	
удобрення	97,7		99,2		97,7		95,2		97,3	

врожайність ячменю озимого у 2022 р. була дуже низькою і становила за вирощування його за ресурсоощадною технологією 2,35 т/га, інтенсивною – 3,07 т/га, високо інтенсивною – 3,56 т/га за урожайності на контролі 1,59 т/га.

Зміна урожайності ячменю озимого у 2023 р. мала таку саму закономірність, як і в перших двох роках, займаючи за величиною проміжну величину (від 2,75 т/га на контролі до 6,27 т/га за високоінтенсивної технології).

Дещо по-іншому відбувалася зміна продуктивності ячменю озимого залежно від технології вирощування у 2024 р. Зокрема, у цьому році було відмічено таке, не характерне для низькорослої культури ячменю озимого явище, як вилягання. Крім того, воно відбулося лише на варіанті з високими дозами внесення азотних добрив, які є основою високоінтенсивної технології. У результаті цього урожайність культури за цієї моделі технології отримали нижчу, ніж за інтенсивної. Зокрема, за високоінтенсивної технології було отримано 5,22 т/га зерна, що на 2,47 т/га більше, ніж на контролі, а за

інтенсивної – 5,85 т/га, що на 3,10 т/га вище контролю. Зниження урожайності ячменю озимого, який вирощували за високоінтенсивною технологією відбулося лише за рахунок зниження виповненості зерна, що є причиною вилягання рослин під час його наливу (табл. 5).

У середньому за роки досліджень урожайність ячменю озимого була не досить високою. Зокрема високоінтенсивна технологія вирощування культури забезпечила її продуктивність у 5,68 т/га, що на 3,12 т/га вище контролю, інтенсивна 5,42 т/га, що на 2,86 т/га вище контролю, ресурсоощадна – 4,06 т/га, що на 1,50 т/га вище контролю.

Аналіз структури врожаю показав, що найкращий ценоз у посівах ячменю озимого формувався за внесення підвищених та високих доз мінерального добрива. Основними елементами продуктивності рослин, формування яких найбільше вплинуло на величину врожайності культури була кількість продуктивних стебел та виповненість зерна. Зокрема, урожайність ячменю озимого, вирощеного за високоінтенсивною технологією, яка передбачала внесення

Таблиця 5. Формування структури врожаю ячменю озимого, залежно від технології вирощування, 2021–2024 рр.

Модель технології	Біометричні показники	Значення показника
Спрощена (контроль)	Кількість продуктивних стебел, шт./м <sup>2</sup>	317
	Середня вага зерна з колоса, г	0,72
	Кількість зерен у колосі, шт.	19,0
	Маса 1000 зерен, г	41,4
Ресурсоощадна	Кількість продуктивних стебел, шт./м <sup>2</sup>	444
	Середня вага зерна з колоса, г	0,93
	Кількість зерен у колосі, шт.	21,3
	Маса 1000 зерен, г	43,5
Інтенсивна	Кількість продуктивних стебел, шт./м <sup>2</sup>	522
	Середня вага зерна з колоса, г	1,04
	Кількість зерен у колосі, шт.	23,2
	Маса 1000 зерен, грам	44,7
Високоінтенсивна	Кількість продуктивних стебел, шт./м <sup>2</sup>	545
	Середня вага зерна з колоса, г	1,03
	Кількість зерен у колосі, шт.	23,9
	Маса 1000 зерен, г	43,6

$P_{135}K_{135}N_{30(II)+75(IV)+30(VIII)}$  у середньому за роки досліджень формувалася за рахунок 545 шт./м<sup>2</sup>, середньої ваги колоса у 1,03 г, кількості зерен у колосі 23,9 шт. та маси 1000 зерен у 43,6 г.

Дещо нижчі структурні показники врожаю ячменю озимого були отримані за вирощування його за інтенсивною технологією, яка базується на внесенні повного мінерального добрива у дозі  $P_{90}K_{90}N_{20(II)+50(IV)+20(VII)}$  на фоні заробляння побічної продукції попередника. За таких умов вирощування урожайність культури формували 522 шт./м<sup>2</sup> продуктивних стебел, середня вага колоса 1,04 г, в кожному з яких було по 23,2 зерен за маси 1000 зерен у 44,7 г. Визначено, що маса 1000 зерен, вирощених за цією технологією, була дещо вищою. Причина цьому сильне вилягання рослин

Таблиця 6. Економічна ефективність моделей технології вирощування ячменю озимого, середнє за 2020–2024 рр.

Модель технології	Показники ефективності	Значення показника
Спрощена (контроль)	Урожайність, т/га	<b>2,56</b>
	Всього витрат, тис. грн/га	11,57
	Собівартість, тис. грн/т	4,52
	Прибуток, тис. грн/га	6,35
Ресурсоощадна	Урожайність, т/га	<b>4,06</b>
	Всього витрат, тис. грн/га	22,40
	Собівартість, тис. грн/т	5,52
	Прибуток, тис. грн/га	6,02
Інтенсивна	Урожайність, т/га	<b>5,42</b>
	Всього витрат, тис. грн/га	30,71
	Собівартість, тис. грн/т	5,67
	Прибуток, тис. грн/га	7,23
Високоінтенсивна	Урожайність, т/га	<b>5,68</b>
	Всього витрат, тис. грн/га	43,29
	Собівартість, тис. грн/т	7,62
	Прибуток, тис. грн/га	-3,53
	Рентабельність, %	-8,2

у 2024 р. за максимальних доз добрив і формування менш виповненого зерна.

За ресурсоощадної моделі технології, яка включала внесення  $P_{45}K_{45}N_{20(II)+25(IV)}$ , у середньому за роки досліджень нараховувалось 444 шт./м<sup>2</sup> продуктивних стебел, кожне з яких формувало 21,3 зерен, масою з колоса 0,93 г та масою 1000 зерен 43,5 г.

На контрольному варіанті за роки досліджень ценоз ячменю озимого був зріджений із низькими показниками виповненості зерна.

Аналіз економічної ефективності різних технологій вирощування ячменю озимого в умовах Північного Лісостепу, проведено за цінами 2024 р. (табл. 6). Встановлено, що найбільш економічно доцільною виявилася інтенсивна технологія вирощування культури. Умовно чистий прибуток за цієї технології сягав 7,23 тис. грн/га, за рентабельності 24%, виробничих витрат 30,71 тис. грн/га.

Наступною за економічною ефективністю була ресурсоощадна технологія, за якої кожний гектар посівів ячменю озимого вимагав затрат у 22,40 тис. грн,

забезпечуючи прибуток у 6,02 тис. грн/га за рентабельності 27%.

Модель високоінтенсивної технології, у середньому за роки досліджень, через високу затратність (виробничі витрати становили 43,29 тис. грн/га), незважаючи на найвищий рівень продуктивності, виявилась збитковою.

### Висновки

Внаслідок змін клімату в останнє десятиріччя виникла можливість вирощувати традиційно південну культуру ячмінь озимий в умовах Північного Лісостепу України.

З негативних чинників, які найбільше негативно впливали на продуктивність ячменю озимого в умовах досліджень була осіння нестача вологи або ж запливання ґрунту від надлишкових опадів зливого характеру після сівби до появи сходів. Такі погодні умови у зоні проведення досліджень відбуваються часто.

Теплі зими сприяли пасивному (без фотосинтезу) росту рослин ячменю озимого кожного з досліджуваних років, що мало як позитивні, так і негативні наслідки, оскільки за цей період покращувались

морфологічні показники ценозу, водночас це призводило до зниження зимостійкості рослин і можливої подальшої їх загибелі, особливо наприкінці перезимівлі.

Найефективнішою за роки досліджень виявилася інтенсивна технологія вирощування ячменю озимого, яка передбачала на фоні заробляння побічної продукції попередника допосівне внесення мінерального добрива у дозі  $P_{90}K_{90}$ , азотні підживлення на II, IV та VIII етапах органогенезу у дозах 20, 50 і 20 кг/га, застосування інтегрованої системи захисту рослин і забезпечила отримання 5,42 т/га зерна, що на 2,86 т/га більше, ніж на контролі, 7,23 тис. грн/га умовно чистого прибутку за рентабельності 24% та 30,71 тис. грн/га виробничих витрат.

Високоінтенсивна технологія вирощування ячменю озимого, хоч і показала найвищий рівень продуктивності – 5,68 т/га, але через високу затратність (43,29 тис. грн/га) була збитковою. Причиною цього, на нашу думку, було значне вилягання рослин за цієї технології в умовах 2024 р., що не дало можливості максимально реалізувати генетичний потенціал ячменю озимого.

### ЛІТЕРАТУРА

- Нагірний В.В. Вплив строків сівби та мікродобрив на продуктивність сортів ячменю озимого в умовах Півдня України. Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата сільськогосподарських наук. Херсон. 2020.
- Черенков А.В., Бондаренко А.С., Бенда Р.В. Зимостійкість рослин ячменю озимого залежно від строків сівби в умовах північної частини Степу. *Агроном.* 2011. №3. С.82–84.
- Бондарь В.І., Рябуха М.М. Особливості вирощування озимого ячменю в північно-західних районах Степу України. *Вісник аграрної науки.* 1994. №3. С.31–35.
- Адаменко Т.І. Зміни агрокліматичних умов холодного періоду в Україні при глобальному потеплінні клімату. *Агроном.* 2006. №34. С.12-13.
- Лоленицький Я.Є. Технологія вирощування ячменю озимого в Лісостепу західних областях УРСР. Ячмінь. 1986. С. 87–92.
- Черенков А.В. Зимостійкість рослин озимого ячменю залежно від строків сівби в умовах північної частини Степу. *Агроном.* 2011. №3. С. 82–84.
- Овермерадова О.Б., Жураківський А.Ю. Вплив строків посіву на густоту стояння рослин ячменю озимого в умовах Полісся. "Агропромислове виробництво: проблеми, шляхи вирішення." Збірник тез доповідей Всеукраїнської науково-практичної конференції науково-педагогічних працівників. Поліський національний університет, 2021.
- Петренко В.Н., Попов С.К. Аналіз умов 2015 року та фактори, що сприяють перезимівлі озимих. *Пропозиція.* 2015. №11 (244). С. 54–57.
- Гудзенко В.М. Урожайність, пластичність та стабільність ячменю озимого у центральному Лісостепу України. *Селекція і насінництво.* 2013. Вип. 103. С. 230-239.
- Ярчук І.І., Божко В.Ю., Мороз О.О. Зимостійкість та продуктивність сортів ячменю озимого залежно від строків сівби та норм висіву. *Вісник Полтавської ДАА.* 2015. №3 С. 54–57.
- Ярчук І.І. Зимостійкість та продуктивність сортів ячменю озимого залежно від строків сівби та норм висіву. *Вісник Полтавської ДАА.* 2015. №3. С.50–54.
- Ярчук І.І. Зимостійкість та урожайність сортів ячменю озимого. *Вісник Полтавської ДАА.* 2012. №3. С. 31–34.
- Кулюбакін В. Кліматичні зміни та їх наслідки. *Фермер.* 2008. №2. С.8-9.

14. Влох В.Г., Тучапський О.Р. Ячмінь озимий у західних регіонах України. 2 вид.перероб. і доп. Львів: ТзОВ «Ліга Прес». 2008. 91 с.
15. Бенда Р.В. Формування продуктивного стеблостою і виживаність рослин ячменю озимого залежно від строків сівби і норм висіву протягом весняно-літньої вегетації. *Вісник ЦНЗ АПВ Харківської області*. 2015. Вип. 19. С.21–27.
16. Заєць С.О., Онуфран Л.І., Фундират К.С., Юзюк С.М. Сучасні технологічні вимоги вирощування ячменю озимого в неполивних умовах південного Степу України. *Агробізнес сьогодні*. 02 серпня 2021.
17. Сайко В.Ф. Наукові основи землеробства в контексті змін клімату. *Вісник аграрної науки*. 2008. №11. С. 5–10.
18. Основи наукових досліджень в агрономії / В.О. Єщенко та ін. Вінниця:ПП ТД «Едельвейс», 2014. 332 с.
19. Дисперсійний і кореляційний аналіз результатів рольових дослідів:навчальний посібник. В.О. Ушкарєнко та інш. Херсон:Атлант, 2009. 372с.

## REFERENCES

1. Nahirnyi, V.V. (2020). *Influence of sowing dates and microfertilizers on the productivity of winter barley varieties in the conditions of Southern Ukraine* (Unpublished doctoral dissertation). Kherson [in Ukrainian].
2. Cherenkov, A.V., Bondarenko, A.S., & Benda, R.V. (2011). Winter hardiness of winter barley plants depending on sowing dates in the northern part of the Steppe. *Agronomist*, (3), 82–84 [in Ukrainian].
3. Bondar, V.I., & Riabukha, M.M. (1994). Features of growing winter barley in the northwestern regions of the Steppe of Ukraine. *Bulletin of Agricultural Science*, (3), 31–35 [in Ukrainian].
4. Adamenko, T. I. (2006). Changes in agroclimatic conditions of the cold period in Ukraine due to global climate warming. *Agronomist*, (34), 12–13 [in Ukrainian].
5. Lolenytskyi, Y.E. (1986). Technology of growing winter barley in the forest-steppe of the western regions of the Ukrainian SSR. *Barley*, 87–92 [in Ukrainian].
6. Cherenkov, A.V. (2011). Winter hardiness of winter barley plants depending on sowing dates in the northern part of the Steppe. *Agronomist*, (3), 82–84 [in Ukrainian].
7. Overmeradova, O.B., & Zhurakivskyi, A.Yu. (2021). Influence of sowing dates on the density of winter barley plants in the conditions of Polissia. In *Agricultural production: problems and solutions* (Proceedings of the All-Ukrainian scientific and practical conference of scientific and pedagogical workers). Polissia National University [in Ukrainian].
8. Petrenkova, V.N., & Popov, S.K. (2015). Analysis of the conditions of 2015 and factors contributing to the overwintering of winter crops. *Proposition*, (11), 54–57 [in Ukrainian].
9. Hudzenko, V.M. (2013). Yield, plasticity, and stability of winter barley in the central forest-steppe of Ukraine. *Selection and Seed Production*, (103), 230–239 [in Ukrainian].
10. Yarchuk, I.I., Bozhko, V.Yu., & Moroz, O.O. (2015). Winter hardiness and productivity of winter barley varieties depending on sowing dates and sowing rates. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, (3), 54–57 [in Ukrainian].
11. Yarchuk, I.I. (2015). Winter hardiness and productivity of winter barley varieties depending on sowing dates and sowing rates. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, (3), 50–54 [in Ukrainian].
12. Yarchuk, I.I. (2012). Winter hardiness and yield of winter barley varieties. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, (3), 31–34 [in Ukrainian].
13. Kulyubakin, V. (2008). Climate change and its consequences. *Farmer*, (2), 8–9 [in Ukrainian].
14. Vlokh, V.H., & Tuchapskyi, O.R. (2008). *Winter barley in the western regions of Ukraine* (2nd ed.). Lviv: LLC «Liga Press» [in Ukrainian].
15. Benda, R.V. (2015). Formation of productive stem density and survival of winter barley plants depending on sowing dates and sowing rates during the spring-summer vegetation period. *Bulletin of the Central Research Institute of Agricultural Production of Kharkiv Region*, (19), 21–27 [in Ukrainian].
16. Zayets, S.O., Onufran, L.I., Fundyrat, K.S., & Yuzhuk, S.M. (2021). August 2). Modern technological requirements for growing winter barley in non-irrigated conditions of the southern Steppe of Ukraine. *Agrobusiness Today* [in Ukrainian].
17. Saiko, V.F. (2008). Scientific foundations of agriculture in the context of climate change. *Bulletin of Agricultural Science*, (11), 5–10 [in Ukrainian].
18. Yeshchenko, V.O., et al. (2014). *Fundamentals of scientific research in agronomy*. Vinnytsia: PP TD «Edelweiss» [in Ukrainian].
19. Ushkarenko, V. O., et al. (2009). \*Dispersion and correlation analysis of the results of field experiments: Textbook. Kherson: Atlant. 372 p. [in Ukrainian].

Yula V.M., Romanyuk P.V.

### Growing of winter barley under modern climatic conditions in the northern Forest-Steppe of Ukraine

**Aim.** To establish the most effective technology for growing winter barley in the Northern Forest-Steppe of Ukraine. **Methods.** Field laboratory analysis, calculation, statistics. **Results.** It has been established that climate change has made it possible to grow winter barley, the most heat-loving of all winter crops, in the Northern Forest-Steppe of Ukraine. The growth and development of winter barley plants were most negatively affected by weather conditions during the autumn growing season, in particular moisture deficiency in the pre-sowing and post-sowing periods, or soil flooding from excessive rainfall after sowing until emergence. Warm winters contributed to the slow growth of winter barley plants in each of the years studied, which had both positive and negative consequences, as during this period the morphological indicators of the community improved, at the same time, it led to a decrease in the winter hardiness of plants and their possible subsequent death, especially at the end of winter. **Conclusions.** The most effective technology for growing winter barley in 2020-2024 was intensive cultivation, which involved the application of mineral fertilizer at a dose of  $P_{90}K_{90}$  and nitrogen fertilization at stages II, IV, and VIII stages of organogenesis at doses of 20, 50, and 20 kg/ha, as well as the use of an integrated plant protection system. This technology ensured a yield of 5.42 t/ha, which is 2.86 t/ha more than in the control, 7.23 thousand UAH/ha of conditional net profit with a profitability of 24% and 30.71 thousand UAH/ha of production costs. High-intensity technology (by-products of the predecessor +  $P_{135}K_{135}N_{30(II)+75(IV)+30(VII)}$  + integrated protection system) was more productive (yield of 5.68 t/ha), it proved unprofitable due to high costs (43.29 thousand UAH/ha) and significant lodging of plants in 2024, which limited the realization of the crop's genetic potential.

**Key words:** fertilizer dose, winter hardiness, number of plants, weather conditions, technology model, protection system, yield.

#### ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Юла В. М., кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, завідувач відділу технологій зернових колосових культур, ORCID: 0000-0001-7298-9522.

Романюк П.В., кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, провідний науковий співробітник відділу технологій зернових колосових культур, ORCID: 0000-0001-5247-9613.

Yula V. M., PhD in Agricultural Sciences, Senior Researcher, Head of the Department of Cereal Spiked Crops Technologies, ORCID: 0000-0001-7298-9522.

Romanyuk P. V., Candidate of Agricultural Sciences, Senior Research Scientist, Leading Research Scientist at the Department of Cereal Spiked Crops Technology, ORCID: 0000-0001-5247-9613.

Надійшла 11.05.2025

## ТРИВАЛІСТЬ МІЖФАЗНИХ ПЕРІОДІВ ТА ВЕГЕТАЦІЇ ПРОСА ЗАЛЕЖНО ВІД ПОГОДНИХ УМОВ У ПРАВОБЕРЕЖНОМУ ЛІСОСТЕПУ

М.В. Гордієнко, Р.Є. Грищенко

ННЦ «ІЗ НААН» (с-ще Чабани, Україна)

**Мета.** Визначити тривалість міжфазних періодів і періоду вегетації рослин проса залежно від гідротермічних умов, що склалися у роки проведення досліджень. **Методи.** Польовий експеримент, аналітичний, математико-статистичний, порівняльно-розрахунковий. **Результати.** Доведено, що тривалість періоду від сівби до появи сходів проса у роки проведення досліджень залежала від погодних умов, що склалися, і становила від 13 до 16 діб. Для цього потрібна була середньодобова температура повітря 15,8–18,9 °С та сума активних температур понад 10 °С від 92,0 до 115,7 °С. Тривалість періоду вегетації культури також змінювалася за роками досліджень – від 80 до 91 добу. Середньодобова температура повітря сягала 21,2–22,5 °С, сума активних температур понад 10 °С за вказаний період – 998,1–1033,1 °С, кількість опадів – 120,2–203,2 мм. Встановлено тісну обернену залежність тривалості періоду сівба – сходи від середньодобової температури повітря й суми активних температур ( $r = -0,959$  і  $-0,877$ ) та тісну пряму залежність від кількості опадів ( $r = 0,943$ ). Залежність тривалості періоду вегетації від середньодобової температури повітря та кількості опадів була тісною оберненою ( $r = -0,990$  і  $-0,698$ ), від суми активних температур понад 10 °С – тісною прямою ( $r = 0,924$ ). **Висновки.** Тривалість періоду від сівби до появи сходів, а також міжфазних періодів і вегетації загалом значно залежала від погодних умов, що склалися. Знання тривалості періоду від сівби до сходів, міжфазних періодів та вегетації взагалі залежно від гідротермічних умов дає можливість планувати проведення сівби проса та відповідних агрозаходів із метою створення оптимальних умов для реалізації генетичного потенціалу сортів культури.

**Ключові слова:** кількість опадів, кореляційна залежність, період вегетації, середньодобова температура повітря, сума активних температур.

**Вступ.** З огляду на сучасні кліматичні трансформації, що проявляються в підвищенні середньодобових температур, зміні річного розподілу опадів та зростанні кількості аномальних погодних явищ, актуалізується необхідність адаптації сільськогосподарського виробництва до нових природних умов [1].

Просо звичайне (*Panicum miliaceum* L.), як культура, стійка до посухи та здатна формувати врожай за обмеженого зволоження, розглядається як важливий компонент у структурі посівів посушливих і нестабільно зволених регіонів, зокрема Правобережного Лісостепу України [2].

Кліматичні особливості цього регіону передбачають наявність помірно теплого літа з відносно рівномірним, хоч і нестійким, випаданням опадів, річна кількість яких становить 450–600 мм. Сума ефективних температур (понад 10 °С) у середньому коливається в межах 2300–2500 °С, що створює передумови

для успішного вирощування теплолюбних культур, як-от просо [3; 4].

**Мета досліджень** – визначити тривалість міжфазних періодів і періоду вегетації рослин проса залежно від гідротермічних умов, що склалися у роки проведення досліджень.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** В умовах глобального потепління та зростання кліматичної нестабільності сільськогосподарська наука активно зосереджується на адаптивному потенціалі культур із коротким вегетаційним періодом та підвищеною стійкістю до гідротермічних стресів. Просо звичайне (*Panicum miliaceum* L.) дедалі більше привертає увагу як об'єкт агроекологічної стабільності в посушливих регіонах, включно з Правобережним Лісостепом України [6].

Останні кліматичні тренди демонструють тенденцію до подовження вегетаційного періоду, що є сприятливим для багатьох польових культур. Зафіксовано,

що він подовжився у середньому на 5–12 діб, що пов'язано з раннім весняним потеплінням і пізнішими строками настання осінніх заморозків [7]. Для проса це означає потенційні зміни в термінах проходження фаз органогенезу та тривалості міжфазних періодів, які мають значний вплив на структуру врожаю та рівень урожайності.

Ефективність формування продуктивних органів проса значною мірою залежить від погодних умов, що складаються у ключові періоди вегетації – особливо на етапах кушення, виходу в трубку та викидання волоті. Нестача вологи або температурні коливання в цей час істотно знижують потенціал сорту [8; 9].

Останніми роками зросла кількість публікацій, присвячених фізіолого-фенологічній оцінці проса в умовах змін клімату. Зокрема, Білик М.П. визначив, що найвразливішими до метеофакторів для рослин культури є фази трубкування та колосіння, а зменшення їх тривалості під дією високих температур і нестачі вологи призводить до зниження продуктивності [8].

Журавель В.В. відмічає поступове збільшення суми ефективних температур та подовження періоду активної вегетації на 7–12 діб, порівняно з кліматичними нормами ХХ ст. Ці зміни мають як позитивні, так і негативні наслідки для темпів розвитку теплолюбних культур, зокрема проса [3].

У роботі Ковальчук І.П. узагальнено фенологічні спостереження за різними культурами у Центральній Україні упродовж 2005–2020 рр., з акцентом на скорочення тривалості ранніх фаз онтогенезу за рахунок підвищення весняних температур [4].

Міжнародні дослідження також підтверджують зростання інтересу до проса в контексті змін клімату. Так, роботи Saha et al. та Dwivedi et al. демонструють, що просо, як і інші маловимогливі культури (sorghum, pearl millet), є перспективним джерелом продовольчої безпеки в умовах нестійкого зволоження та підвищених температур [10; 11]. Зокрема, Dwivedi et al. зазначають, що оптимізація агротехніки залежно від регіонального прогнозу температур і опадів може збільшити ефективність використання генетичного потенціалу проса.

В огляді Iqbal et al. наголошується на необхідності синхронізації фаз розвитку проса з локальними піками вологості та тепла для досягнення максимальної ефективності продуктивності. Автори пропонують використовувати фенологічне моделювання як інструмент стратегічного планування сівозміни в умовах кліматичних викликів [12].

У вітчизняному науковому середовищі питання тривалості міжфазних періодів досліджується переважно у рамках спостережень польових дослідів. Так, Клименко С. М. доводить, що затримка настання фази кушення за посушливих умов прямо пов'язана з сортовими особливостями та здатністю кореневої системи до ефективного поглинання вологи [13–15].

На сьогодні залишається відкритим питання оптимізації строків сівби, добору сортів та розробки адаптивної агротехніки для проса загалом з урахуванням специфіки змін клімату в окремих агрокліматичних підзонах. У цьому контексті особливого значення набувають регіональні дослідження, що враховують локальні погодні сценарії та дають можливість коригувати технологічні карти вирощування культури. Існує необхідність у ґрунтовному аналізі впливу погодних чинників на тривалість вегетаційного періоду та окремих міжфазних періодів розвитку проса в умовах Правобережного Лісостепу. Такі дослідження сприятимуть підвищенню ефективності технологій вирощування проса та допомагають оптимізувати агротехнічні прийоми відповідно до конкретних кліматичних умов.

**Матеріали та методи досліджень.** Фенологічні спостереження за ростом і розвитком рослин проса проводили у стаціонарному досліді відділу технологій зернобобових, круп'яних і олійних культур. Ґрунт дослідної ділянки темно-сірий опідзолений крупнопилувато-легкосуглинковий, типовий для зони Лісостепу України, у 0–20 см шарі якого вмістить гумусу становив 1,49–1,71 % (за Тюриним), азоту, що легко гідролізується 68,6–78,4 мг/кг (за Корнфілдом), фосфору – 140–160 мг/кг, калію – 55–70 мг/кг ґрунту (за Кірсановим), з рН<sub>кон.</sub> 5,2–5,7. Згідно з ДСТУ 4362:2004 [20] він характеризується низьким умістом гумусу, дуже низьким умістом азоту, що гідролізується, високим умістом фосфору, низьким умістом калію. За кислотністю відноситься до слабокислих та близьких до нейтральних.

Схема досліді включала два фактори: фактор А – удобрення: без добрив (контроль); N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>; N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> + позакореневе підживлення рослин Майстер Агро (IV е.о.) у нормі 0,7 кг/га; N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>+N<sub>15</sub> (IV е.о.); фактор Б – позакореневе підживлення рослин препаратом Браман мультикомплекс у нормі 2 л/га: без підживлення та підживлення на IV етапі органогенезу.

Просо сорту Заповітне висівали звичайним рядковим способом із нормою висіву 4,0 млн/га схожих насінин у першій декаді травня. Попередником проса була пшениця озима, солому якої після збирання

Таблиця 1. Тривалість міжфазних періодів росту та розвитку рослин проса в роки досліджень, діб, 2022–2024 рр.

Рік	Тривалість періоду, діб					
	сівба – сходи	сходи – кушення	кушення - стеблування	стеблування – викидання волоті	викидання волоті – повна стиглість	сходи – повна стиглість
2022	16	13	13	16	49	91
2023	13	18	13	17	43	91
2024	13	10	13	20	37	80

подрібнювали і заробляли в ґрунт дисковими знаряддями та пізніше приорювали. Агротехніка відповідала рекомендованій у зоні проведення досліджень технології вирощування круп'яних культур, за винятком агрозаходів, що вивчали.

Дослід закладали та проводили дослідження згідно з методикою проведення наукових досліджень в агрономії [16].

**Результати та їх обговорення.** Результати фенологічних спостережень за ростом і розвитком рослин проса сорту Заповітне впродовж 2022–2024 рр. показали вплив гідротермічних умов року на тривалість періоду сівба–сходи та проходження фаз росту й розвитку (табл. 1).

Фенологічні спостереження за рослинами проса показали відмінності як у тривалості фаз росту та розвитку, так і загалом періоду вегетації, що у роки досліджень був у межах від 80 до 91 доби.

Для отримання дружних сходів рослини проса потребують відповідного температурного режиму та вологи у ґрунті. Як свідчить аналіз отриманих результатів, у 2022–2024 рр. тривалість періоду сівба – сходи становила від 13 до 16 діб.

Подовження періоду проростання насіння проса до 16 діб у 2022 р. можна пояснити надмірною кількістю опадів (12,4 і 8,2 мм) та пониженою на 2,2 і 3,1°C, порівняно з іншими роками середньодобовою температурою повітря (+15,8 °C) (табл. 2).

Для появи сходів у роки досліджень потребувалась сума активних температур (понад 10 °C) від +92,0 до +115,7°C.

У роки досліджень період сходи – кушення тривав від 10 до 18 діб залежно від гідротермічних умов цього періоду. Більш швидке стеблування, вже через 10 діб відмічали у 2024 р., проте у 2022 і 2023 рр. період був тривалішим на 3 і 8 діб, порівняно з 2024 р. Триваліше проходження цієї фази у 2023 р. пояснюється меншою кількістю опадів у цей період (21 мм) та вищою середньодобовою температурою повітря

(на 2,3 °C і 1,0 °C), порівняно з іншими роками. Сума активних температур понад 10 °C знаходилась у межах від +87,4 до +174,0°C.

На подальшому етапі розвитку рослин проса період кушення – стеблування тривав 13 діб у всі роки досліджень. Різниці у тривалості міжфазних періодів розвитку не відмічали, хоча у 2022 р. у цей період рослини проса потерпали від нестачі вологи, оскільки кількість опадів становила лише 3,6 мм, а середньодобова температура повітря була найвищою – +22,4 °C. Натомість у 2024 р. у вказаний період відмічали надмірну кількість опадів (85 мм), хоча середньодобова температура повітря була нижчою на 1,8 °C, порівняно з 2022 р. Сума активних температур у роки досліджень у вказаний міжфазний період становила від +138,1 до +160,7°C.

Найдовший період стеблування – викидання волоті тривав 20 діб у 2024 р., а найкоротший 16 діб – у 2022 р. Характерним для цього періоду 2022 р. і 2024 р. була достатня кількість опадів (35,6 мм і 26,7 мм відповідно) та високі середньодобові температури повітря (+22,9 °C і +24,4 °C). Втім у 2023 р. були визначальними надмірна кількість опадів (51,2 мм), нижча середньодобова температура повітря (на 1,7 °C і 3,2 °C) та значно менша сума середньодобових температур повітря (на +7,3 °C і +127,3 °C), порівняно з 2022 р. і 2024 р. Для проходження цього міжфазного періоду потребувалась сума активних температур понад 10 °C від +189,8 °C у 2023 р. до +287,1 °C у 2024 р.

Наприкінці вегетації проса різні погодні умови впродовж періоду викидання волоті – повна стиглість визначили значну розбіжність тривалості фази – від 37 до 49 діб. В умовах 2024 р. вирішальним фактором у скороченні міжфазного періоду на 12 діб, порівняно з 2022 р. та на 6 діб з 2023 р., була висока середньодобова температура повітря, що перевищувала її рівень у вказані роки на 1,8 і 0,9°C відповідно. Кількість опадів максимальною була у 2023 р. – 99,6 мм, тоді як мінімальна 57,4 мм – у 2022 р. Для

**Таблиця 2. Кількість опадів і температура повітря у міжфазні періоди росту та розвитку рослин проса**

Гідротермічний показник	Рік		
	2022	2023	2024
<b>Сівба – сходи</b>			
Середньодобова температура повітря, °С	+15,8	+18,0	+18,9
Кількість опадів, мм	12,4	0	4,2
Сума активних температур понад 10 °С	+92,0	+104,3	+115,7
<b>Сходи – кушення</b>			
Середньодобова температура повітря, °С	+17,4	+19,7	+18,7
Кількість опадів, мм	23,6	21,0	24,3
Сума активних температур понад 10 °С	+96,7	+174,0	+87,4
<b>Кушення–стеблування</b>			
Середньодобова температура повітря, °С	+22,4	+21,0	+20,6
Кількість опадів, мм	3,6	10,2	85,0
Сума активних температур понад 10 °С	+160,7	+143,6	+138,1
<b>Стеблування – викидання волоті</b>			
Середньодобова температура повітря, °С	+22,9	+21,2	+24,4
Кількість опадів, мм	35,6	51,2	26,7
Сума активних температур понад 10 °С	+207,1	+189,8	+287,1
<b>Викидання волоті – повна стиглість</b>			
Середньодобова температура повітря, °С	+21,3	+22,2	+23,1
Кількість опадів, мм	57,4	99,6	67,2
Сума активних температур понад 10 °С	+555,1	+525,7	+485,5
<b>Сходи – повна стиглість</b>			
Середньодобова температура повітря, °С	+21,2	+21,4	+22,5
Кількість опадів, мм	120,2	182,0	203,2
Сума активних температур понад 10 °С	+1019,6	+1033,1	+998,1

проходження вказаного міжфазного періоду потрібна була сума активних температур від +485,5 °С у 2024 р. до +555,1 °С – у 2022 р.

Отже, результати досліджень показали, що тривалість періоду вегетації рослин проса змінювалася за роками досліджень і становила 80–91 добу. Надмірна кількість опадів (203,2 мм) та високі середньодобові температури повітря +22,5 °С у 2024 р. спричинили скорочення періоду вегетації проса на 11 діб, який був найкоротшим за роки досліджень і сягав 80 діб. В умовах значно меншої кількості опадів у 2022 і 2023 рр. (120,2 мм та 182,0 мм) та нижчих середньодобових температур повітря (+21,2 °С і +21,4 °С) відбувалось подовження розвитку рослин і період вегетації проса становив 91 добу. У 2024 р. за період вегетації потребувалась сума активних температур понад

10 °С +998,1 °С, тоді як у попередні роки – +1019,6 і +1033,1 °С.

За використання кореляційного аналізу було визначено залежності між гідротермічними параметрами та тривалістю міжфазних періодів проса. Встановлено тісну обернену залежність тривалості міжфазних періодів рослин проса з середньодобовою температурою повітря, яка особливо сильний зв'язок мала на початку вегетації у періоди сівба – сходи, а також у міжфазні періоди викидання волоті – повна стиглість, і загалом за період сходи – повна стиглість ( $r = -0,96, -0,99$  та  $-0,99$  відповідно), а також середню пряму залежність у період сходи – кушення й стеблування – викидання волоті ( $r = +0,56$  і  $+0,70$ ) (табл. 3).

З показником суми активних температур повітря понад 10 °С, навпаки, виявлено тісну пряму залежність із тривалістю міжфазних періодів від сходів

Таблиця 3. Коефіцієнти парного кореляційного зв'язку тривалості міжфазних періодів проса з гідротермічними чинниками

Міжфазний період	Середньодобова температура повітря, °С		Сума опадів, мм		Сума активних температур понад 10 °С	
	<i>r</i>	D, %	<i>r</i>	D, %	<i>r</i>	D, %
Сівба – сходи	-0,96	92,0	+0,94	88,9	-0,88	76,9
Сходи – кущення	+0,56	31,1	-0,98	96,8	+0,96	92,2
Кущення – стеблуння	-	-	-	-	-	-
Стеблуння – викидання волоті	+0,70	48,3	-0,60	36,5	+0,92	84,1
Викидання волоті – повна стиглість	-0,99	99,8	-0,22	4,9	+0,99	99,2
Сходи – повна стиглість	-0,99	98,0	-0,70	48,7	+0,92	85,4

до повної стиглості й за силою впливу зв'язок був сильний, оскільки коефіцієнт кореляції наближався до 1 ( $r = +0,92 - +0,99$ ). Лише у період від сівби до появи сходів сила впливу чинника суми активних температур повітря понад 10 °С на тривалість періоду сівба – сходи мала сильний обернений зв'язок ( $r = -0,88$ ).

Між сумою опадів і тривалістю міжфазних періодів встановлено тісну пряму залежність у періоди сівба – сходи ( $r = +0,94$ ). У міжфазний період сходи – кущення та загалом сходи – повна стиглість також відмічали тісну, але обернену залежність ( $r = -0,98$  і  $-0,70$  відповідно). У міжфазні періоди стеблуння – викидання волоті й викидання волоті – повна стиглість ( $r = +0,77$ ) і налив бобів – повна стиглість кореляційні зв'язки мали меншу силу ( $r = -0,60$  і  $-0,22$  відповідно) і були неістотними.

Аналіз сили досліджуваних чинників у досліді показав, що за фактором середньодобова температура повітря найбільший вплив на тривалість міжфазних періодів був у період від сівби насіння до повних сходів (92 %), а також від викидання волоті до повної стиглості (99,8 %). Загалом за період вегетації від сходів повної стиглості вплив показника становив 98,0 %. Аналогічно фактор суми активних температур повітря також мав найбільшу силу впливу на тривалість періодів від сходів до наливу бобів (76,9–99,2 %). Натомість чинник суми опадів найбільший вплив (88,9–96,8 %) виявляв лише на перебіг періодів сівба – сходи й сходи – кущення.

Проведений регресійний аналіз залежності тривалості періодів від сівби до сходів та від сходів до повної стиглості від середньодобових температур повітря, кількості опадів і суми активних температур підтвердив максимальну залежність показників від досліджуваних факторів. Розраховані рівняння залежності тривалості вказаних періодів від

Таблиця 4. Залежність тривалості періодів розвитку рослин проса від гідротермічних чинників, середнє за 2022-2024 рр.

Рівняння регресії*	R	D, %
<b>Сівба – сходи</b>		
$Y = 88,08 - 7,52X_1 + 0,19X_1^2$	0,98	95,6
$Y = 12,87 + 0,14X_2 + 0,01X_2^2$	0,95	90,4
$Y = 90,75 - 1,36X_3 + 0,01X_3^2$	0,95	90,3
<b>Сходи – повна стиглість</b>		
$Y = -382,61 + 51,86X_1 - 1,39X_1^2$	0,99	98,6
$Y = 47,13 + 0,64X_2 - 0,01X_2^2$	0,85	72,1
$Y = -8339,79 + 1,627X_3 - 0,01X_3^2$	0,97	93,9

Примітка. Y – тривалість періоду, діб;

$X_1$  – середньодобова температура повітря, °С;

$X_2$  – кількість опадів, мм;

$X_3$  – сума активних температур понад 10 °С.

середньодобових температур повітря, кількості опадів і суми активних температур понад 10 °С наведені в табл. 4.

Одержані коефіцієнти множинної (сукупної) кореляції, які становлять  $R = 0,85-0,99$ , вказують на вельми сильну тісноту зв'язку між показниками. Коефіцієнт множинної детермінації  $R^2$ , виражений у відсотках (97,8–99,8%) свідчить, що залежність тривалості періодів сівба – сходи та сходи – повна стиглість рослин проса від погодних умов і суми активних температур була сильною. Обидва коефіцієнти свідчать про те, що отримані рівняння регресії досить добре описують існуючий зв'язок між показниками. Для кожного рівняння встановлено адекватність за критерієм Фішера та статистичну значущість їхніх параметрів (коефіцієнтів) за критерієм Стьюдента. Це дає змогу використовувати моделі

для практичного прогнозування тривалості періоду від сівби до сходів і періоду вегетації культури.

Висновки. Тривалість періоду від сівби до появи сходів, а також міжфазних періодів і вегетації проса загалом значно залежала від погодних умов, що склалися. Тривалість періоду від сівби до появи сходів становила від 13 до 16 діб, тривалість періоду вегетації культури – від 80 до 91 добу. Встановлено тісну обернену залежність тривалості періоду сівба – сходи від середньодобової температури повітря та суми активних температур ( $r = -0,959$  і  $-0,877$ ) та тісну пряму

залежність від кількості опадів ( $r = 0,943$ ). Залежність тривалості періоду вегетації від середньодобової температури повітря та кількості опадів була тісною оберненою ( $r = -0,990$  і  $-0,698$ ), від суми активних температур понад  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$  – тісною прямою ( $r = 0,924$ ). Знання тривалості періоду від сівби до сходів, міжфазних періодів та вегетації загалом залежно від гідротермічних умов дає можливість планувати строк проведення сівби проса та відповідних агрозаходів із метою створення оптимальних умов для реалізації генетичного потенціалу сортів культури.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Crop production and climate change. 2021. URL: <http://www.fao.org/climate-smart-agriculture-sourcebook/production-resources/module-b1-crops/chapter-b1-1/en/>.
2. AgroVOBU. Клімат Північного Лісостепу: перспективи вирощування проса. URL: <https://agro.vobu.ua/1094>.
3. Журавель В.В. Зміна кліматичних умов в Україні та її вплив на сільськогосподарське виробництво. *АгроЕліта*. 2020. № 3. С. 18–21.
4. Рудік О.Л., Рудік Н.М., Сергєєв Л.А., Чугак В.В. Просо посівне в системі адаптації аграрного виробництва до глобальних викликів сьогодення. *Аграрні інновації. Меліорація, землеробство, рослинництво*. 2022. № 2. С. 52–59.
5. Полторецькій С.П., Білоножко В.Я., Полторецька Н.М. Агроекологічні умови формування врожайності та якості насіння проса. *Вісник Черкаського університету. Сер.: Біологічні науки*. 2017. № 1. С. 76–82.
6. Беленіхіна А.В., Костромітін В.М., Сортовивчення проса посівного за екологічною стабільністю і пластичністю. *Сортовивчення та сортознавство*. 2014. № 106. С.141–147. doi: <https://doi.org/10.30835/2413-75.10.2014.42143>.
7. Ковальчук І.П. Вегетаційний період основних сільськогосподарських культур у змінних кліматичних умовах України. *АгроСвіт*. 2021. № 6. С. 22–27.
8. Білик М.П. Реакція проса на метеорологічні фактори у фазах розвитку. *Plant Physiology and Genetics*. 2015. Т. 47. № 2. С. 135–142.
9. Кулик М.І., Рожко І.І., Сиплива Н.О., Божок Ю.О. Агробіологічні особливості формування врожайності та якості насіння проса прутоподібного. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2019. Вип. 4 (104). С. 51–60. doi: [https://doi.org/10.31521/2313-092X/2019-4\(104\)-6](https://doi.org/10.31521/2313-092X/2019-4(104)-6).
10. Saha S., Sinha R., Saha B. et al. Climate-resilient millets for food and nutritional security. *Journal of Environmental Biology*. 2019. Vol. 40(4). P. 831–838.
11. Dwivedi S.L., Upadhyaya H.D., Senthilvel S. et al. Millets: Genetic and genomic resources for climate-resilient agriculture. *Plant Genetic Resources*. 2022. Vol. 20(2). P. 103–112.
12. Iqbal M.A., Sher A., Malik, A. et al. Phenology and Climate Change: Synchronizing Crop Development with Changing Climates. *Field Crops Research*, 2021. Vol. 267. Article 108152.
13. Клименко С.М. Біологічні особливості сортів проса за умов Лісостепу України. *Вісник аграрної науки*. 2018. № 6. С. 47–51.
14. Шевченко Н.В. Сортові ресурси проса в Україні. *Аграрні інновації. Меліорація, землеробство, рослинництво*. 2024. №25. doi: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.25.15>.
15. Ляшенко Г.В., Данілова Н.В., Колосовська В.В., Толмачова А.В. Тенденція зміни агрокліматичних умов формування урожайності проса до 2050 року в Степовій зоні України. *Ukrainian hydrometeorological journal*. 2022. № 29. С. 20–31. doi: <https://doi.org/10.31481/uhmj.29.2022.02>.
16. Єщенко В.О., Копитко П.Г., Опришко В.П., Костогриз П.В. Основи наукових досліджень в агрономії. Київ: Дія, 2005. 288 с.

## REFERENCES

1. Crop production and climate change. (2021). URL: <http://www.fao.org/climate-smart-agriculture-sourcebook/production-resources/module-b1-crops/chapter-b1-1/en/> [in English].

2. AgroVOBU. Klimat Pivnichnoho Lisostepu: perspektyvy vyroshchuvannia prosa. URL:<https://agro.vobu.ua/1094> [in Ukrainian].
3. Zhuravel V.V. (2020). Zmina klimatychnykh umov v Ukraini ta yii vplyv na silskohospodarske vyrobnytstvo. *AhroElita*, 3, 18–21 [in Ukrainian].
4. Rudik O.L., Rudik N.M., Serhieiev L.A., Chuhak V.V. (2022). Proso posivne v systemi adaptatsii ahrarynoho vyrobnytstva do hlobalnykh vyklykiv sohodennia. *Ahrarni innovatsii. Melioratsiia, zemlerobstvo, roslynnytstvo*, 2, 52–59 [in Ukrainian].
5. Poltoretskii S.P., Bilonozhko V.Ia., Poltoretska N.M. (2017). Ahroekolohichni umovy formuvannia vrozhaivosti ta yakosti nasinnia prosa. *Visnyk Cherkaskoho universytetu. Serii: Biolohichni nauky*, 1, 76–82 [in Ukrainian].
6. Bielenikhina A.V., Kostromitin V.M. (2014). Sortovyvchennia prosa posivnoho za ekolohichnoiu stabilnistiu i plastychnistiu. *Sortovyvchennia ta sortoznavstvo*, 106, 141–147. doi: <https://doi.org/10.30835/2413-75.10.2014.42143> [in Ukrainian].
7. Kovalchuk I.P. (2021). Vehetatsiinyi period osnovnykh silskohospodarskykh kultur u zminnykh klimatychnykh umovakh Ukrainy. *AhroSvit*, 6, 22–27 [in Ukrainian].
8. Bilyk M.P. (2015). Reaktsiia prosa na meteorolohichni faktory u fazakh rozvytku. *Plant Physiology and Genetics*, 47, 2, 135–142 [in Ukrainian].
9. Kulyk M.I., Rozhko I.I., Syplyva N.O., Bozhok Yu.O. (2019). Ahrobiolohichni osoblyvosti formuvannia vrozhaivosti ta yakosti nasinnia prosa prutopodibnoho. *Visnyk ahrarnoi nauky Prychornomia*, 4 (104), 51–60. doi: [https://doi.org/10.31521/2313-092Kh/2019-4\(104\)-6](https://doi.org/10.31521/2313-092Kh/2019-4(104)-6) [in Ukrainian].
10. Saha S., Sinha R., Saha B. et al. (2019). Climate-resilient millets for food and nutritional security. *Journal of Environmental Biology*, 40(4), 831–838 [in English].
11. Dwivedi S.L., Upadhyaya H.D., Senthilvel S. et al. (2022). Millets: Genetic and genomic resources for climate-resilient agriculture. *Plant Genetic Resources*, 20(2), 103–112 [in English].
12. Iqbal M.A., Sher A., Malik, A. et al. (2021). Phenology and Climate Change: Synchronizing Crop Development with Changing Climates. *Field Crops Research*, 267, 108152 [in English].
13. Klymenko S.M. (2018). Biolohichni osoblyvosti sortiv prosa za umov Lisostepu Ukrainy. *Visnyk ahrarnoi nauky*, 6, 47–51 [in Ukrainian].
14. Shevchenko N.V. (2024). Sortovi resursy prosa v Ukraini. *Ahrarni innovatsii. Melioratsiia, zemlerobstvo, roslynnytstvo*, 25. doi: <https://doi.org/10.32848/ahrar.innov.2024.25.15> [in Ukrainian].
15. Liashenko H.V., Danilova N.V., Kolosovska V.V., Tolmachova A.V. (2022). Tendentsiia zminy ahroklimatychnykh umov formuvannia urozhaivosti prosa do 2050 roku v Stepovii zoni Ukrainy. *Ukrainian hydrometeorological journal*, 29, 20–31. doi: <https://doi.org/10.31481/uhmj.29.2022.02> [in Ukrainian].
16. Yeshchenko V.O., Kopytko P.H., Opryshko V.P., Kostohryz P.V. (2005). *Osnovy naukovykh doslidzhen v ahronomii*. Kyiv: Diia, 288 p. [in Ukrainian].

**Hordiienko M.V., Hryshchenko R.Ye.**

***Influence of Hydrothermal Conditions on the Duration of Interphase Periods and Vegetative Growth in Millet in the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine***

**Aim.** To determine the duration of interphase periods and the overall vegetation season of millet plants depending on the hydrothermal conditions observed during the research years. **Methods.** Field experiment, analytical method, mathematical and statistical analysis, comparative-calculation method. **Results.** It was demonstrated that the duration of the period from sowing to seedling emergence varied between 13 and 16 days depending on the prevailing weather conditions during the research years. This stage required an average daily air temperature of 15.8–18.9 °C and a sum of active temperatures above 10 °C ranging from 92.0 to 115.7 °C. The total vegetation period of the crop also varied across the years of study, ranging from 80 to 91 days. During this period, the average daily air temperature was 21.2–22.5 °C, the sum of active temperatures above 10 °C ranged from 998.1 to 1033.1 °C, and the amount of precipitation ranged from 120.2 to 203.2 mm. A strong inverse correlation was established between the duration of the sowing–emergence period and both the average daily air temperature and the sum of active temperatures ( $r = -0.959$  and  $-0.877$ , respectively), while a strong positive correlation was observed with precipitation amount ( $r = 0.943$ ). The duration of the vegetation period was strongly inversely correlated with average daily air temperature and precipitation ( $r = -0.990$  and  $-0.698$ , respectively), and directly correlated with the sum of active temperatures above 10 °C ( $r = 0.924$ ). **Conclusions.** The duration of the

sowing-to-emergence period, as well as interphase periods and the entire vegetation season, was significantly influenced by weather conditions. Understanding the duration of these phases in relation to hydrothermal conditions enables better planning of millet sowing dates and associated agronomic practices aimed at creating optimal conditions for realizing the genetic potential of crop varieties.

**Key words:** precipitation, correlation dependence, vegetation period, average daily air temperature, sum of active temperatures.

#### ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

**Гордієнко М.В.**, аспірант, відділ технологій зернобобових круп'яних і олійних культур, Національний науковий центр «Інститут землеробства Національної академії аграрних наук України».

**Грищенко Р.С.**, кандидат с.-г. наук, старший науковий співробітник, відділ технологій зернобобових круп'яних і олійних культур, Національний науковий центр «Інститут землеробства Національної академії аграрних наук України», ORCID:0000-0002-6503-6034.

**Hordiienko M.V.**, graduate student, the Department of Leguminous Cereals and Oilseeds Technology, National Research Center «Institute of Agriculture of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine».

**Hryshchenko R. Ye.**, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher, the Department of Leguminous Cereals and Oilseeds Technology, National Research Center «Institute of Agriculture of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine», ORCID:0000-0002-6503-6034.

*Надійшла 25.05.2025*

## SYMBIOTIC ACTIVITY OF SOYBEAN UNDER DIFFERENT CULTIVATION TECHNOLOGIES IN THE RIGHT-BANK FOREST-STEPPE

A.V. Holodna, Ya.V. Hrytsiuk

(NSC «IA NAAS», Chabany, Ukraine)

**Aim.** To determine the effect of the studied agronomic practices – including variants of basic fertilization, foliar feeding with an organo-mineral fertilizer during the crop's critical growth stages, pre-sowing seed treatment with a mycorrhiza-forming agent and a seed dressing agent, as well as their combinations within the cultivation technology – on the formation of active symbiotic potential and biological nitrogen fixation by soybean crops. **Methods.** Field experiment, laboratory analyses, analytical methods, mathematical and statistical analysis, and comparative and calculation approach. **Conclusions.** It was established that the highest values of active symbiotic potential of soybean (13,430.8 kg × days/ha) were recorded during the «flowering – pod filling» interphase period under the fertilization background of  $N_{15}P_{45}K_{60} + N_{30}$  and the application of foliar feeding with the organo-mineral fertilizer Helprost Soy during the budding stage. This exceeded the control by 9,062.1 and 8,956.0 kg × days/ha, respectively – approximately in three times. As a result, the level of biological nitrogen fixation reached 81.16 kg/ha, which was 52.13 kg/ha, or 2.8 times higher than in the absolute control. Analyzing these patterns of influence will enable the identification of the optimal soybean cultivation technology model and the development of measures that, alongside the full realization of varietal potential, will enhance biological nitrogen fixation by the crop.

**Key words:** active symbiotic potential, biological nitrogen fixation, mycorrhiza-forming agent, mineral fertilizers, organo-mineral fertilizers, foliar feeding, seed dressing agent.

**Introduction.** Due to symbiotic nitrogen fixation, leguminous crops play an important role in maintaining a positive nitrogen balance in agriculture [1; 2]. This symbiosis represents the most efficient biological nitrogen fixation system on our planet, with exceptional ecological and practical significance. It provides leguminous plants with a competitive advantage over other species in nitrogen acquisition and is estimated to contribute  $8.0 \times 10^{10}$  kg globally through the fixation of an average of 20–200 kg N/ha/year [3; 4].

Among the many advantages of soybean is its ability to form symbiosis with nodule-forming bacteria and fix atmospheric nitrogen. Under optimal conditions, soybean plants can fix 180 kg/ha of nitrogen or more, leaving behind 25–40 kg/ha of nitrogen in the soil for next crops in the crop rotation system [5].

**Analysis of latest research and publications.** Nodule formation on the roots of leguminous crops results from two closely coordinated processes: an organogenic process, which forms and develops the nodule as an organ, and an infection process, which mediates bacterial colonization [6].

The effectiveness of the soybean–rhizobial symbiosis is evaluated based on nodulation activity (i.e., the number and mass of nodules formed on the roots) and nitrogen fixation activity, which depend on a range of ecological and agrotechnological factors [7–9].

The necessity and timing of nitrogen fertilizer application for soybean cultivation remain subjects of ongoing debate [10; 11].

Currently, researchers are focusing on simultaneously enhancing the expression of varietal potential and the nitrogen-fixing capacity of soybean by applying new types of biological preparations and minimizing the negative impact of extreme weather conditions, pesticides, and other factors on the plant's symbiotic activity.

Therefore, studies aimed at evaluating the efficiency of the symbiotic system functioning in *Glycine max* (L.) Merr. variety Muza under different fertilization regimes and agronomic practices, based on the active symbiotic potential of the crops, are highly relevant.

**Research objective.** To determine the effect of the studied agronomic practices—including variants of basic fertilization, foliar feeding with an organo-mineral fertilizer during critical growth stages, pre-sowing seed

treatment with a mycorrhiza-forming agent and a seed dressing agent, as well as their combinations within the cultivation technology—on the formation of active symbiotic potential and biological nitrogen fixation by soybean crops. Analyzing the patterns of these effects will make it possible to identify the optimal model of soybean cultivation technology and to develop measures that, along with the full realization of varietal potential, will enhance biological nitrogen fixation by the crop.

**Materials and methods.** The research was conducted during 2021–2023 in a stationary field experiment of the Department of Technologies for Leguminous, Cereal, and Oilseed Crops at the NSC «Institute of Agriculture of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine» (NSC «IA NAAS»).

The subject of the study was the mid-early soybean variety *Muza*, developed by the NSC «IA NAAS» and included in the State Register of Plant Varieties Suitable for Distribution in Ukraine since 2015, recommended for cultivation in the Forest-Steppe and Polissia zones. The sowing rate was 750 viable seeds per hectare. The preceding crop was millet.

The soybean cultivation technology was generally accepted for the region of the study, except for the tested agronomic practices.

The agrochemical characteristics of the dark gray podzolic soil at the experimental site were as follows: humus content – 1.49–1.71%; alkaline-hydrolyzable nitrogen content (according to Kornfield) – 68.6–78.4 mg/kg of soil (very low level); available phosphorus content (according to Chirikov) – 140–160 mg/kg of soil (high level); available potassium content (according to Chirikov) – 55–70 mg/kg of soil (medium level) [12]. The soil pH was slightly acidic (pHsol. 5.2–5.7).

The experimental factors included: Factor A (fertilization): no fertilizers (control), P<sub>45</sub>K<sub>60</sub>, N<sub>15</sub>P<sub>45</sub>K<sub>60</sub> + N<sub>30</sub> at the budding stage, and N<sub>45</sub>P<sub>45</sub>K<sub>60</sub>; Factor B (pre-sowing seed treatment): no treatment (control), treatment with the mycorrhiza-forming biopreparation *Mycofriend* (1 L/t of seed), treatment with *Mycofriend* combined with the fungicidal seed dressing agent *Vibrance RFC, TN* (1 L/t of seed); Factor C (foliar feeding): foliar application of the organo-mineral fertilizer *Helprost Soy* (2 L/ha) during the critical growth stages (branching, budding, and flowering), applied to crops sown with seeds treated with both the mycorrhizal agent and the dressing agent.

The experiment was laid out in four replications. The total experimental area was 0.6 ha, with the accounting plot area of 50 m<sup>2</sup> per replication.

The research methods used were standard for field experiments and laboratory analyses. The establishment of field trials and the execution of all procedures were conducted in accordance with the methodological guidelines for field research [13].

The active symbiotic potential (ASP) was calculated using the following formula:

$$ASP = (M_1 + M_2) \times T / 2,$$

where ASP – is the active symbiotic potential (thousand kg × days/ha),

M<sub>1</sub> and M<sub>2</sub> – are the average mass of nodules containing leghemoglobin over the time period (kg/ha),

T – is the number of days between two successive sampling dates.

The amount of biologically fixed nitrogen was determined as the product of the active symbiotic potential (ASP) and the specific symbiotic activity, which for soybean in the study area is 5.22 g of nitrogen per 1 kg of fresh nodules per day [5].

**Results and their discussion.** The symbiotic potential is an integrative indicator that reflects the accumulated mass of fresh nodules and the duration of their functioning, and it is influenced by various factors [14–16]. This parameter is commonly used to evaluate the effectiveness of symbiotic apparatus formation and functioning in leguminous crops under the influence of different agronomic practices, including the use of biopreparations and new types of fertilizers for crop feeding [17].

The analysis of the obtained research results showed that the agronomic practices selected for the study had a significant impact on the formation of soybean active symbiotic potential (table 1).

During the interphase period «first trifoliate leaf – budding,» the maximum values of active symbiotic potential (ASP) were recorded in the variants with phosphorus-potassium fertilization (P<sub>45</sub>K<sub>60</sub>) and the application of foliar feeding with the organo-mineral fertilizer *Helprost Soy* during the budding and flowering stages – 1,273.6 and 999.2 kg × days/ha, respectively. The increase compared to the absolute control was 2.9 and 2.3 times, respectively.

During the interphase period «first trifoliate leaf – budding,» the maximum values of active symbiotic potential (ASP) were recorded in the variants with phosphorus-potassium fertilization (P<sub>45</sub>K<sub>60</sub>) and the application of foliar feeding with the organo-mineral fertilizer

**Table 1. Active symbiotic potential of soybean crops depending on applied agronomic practices (average for 2021–2023), kg × days/ha**

Fertilization	Interphase period	Seed treatment (Mycofriend + Vibrance) + foliar feeding with Helprost Soy at the stage of:					
		Water (control)	Mycofriend	Mycofriend + Vibrance	Branching	Budding	Flowering
No fertilization (control)	1*	440.0	638.4	781.6	820.0	806.4	756.0
	2	638.6	840.4	878.9	907.5	1108.8	1018.6
	3	4474.8	5336.1	4691.7	11640.6	9854.1	6877.8
P <sub>45</sub> K <sub>60</sub>	1	652.0	675.2	698.4	681.6	1273.6	999.2
	2	1003.2	1122.6	1256.8	1078.0	1761.1	1661.0
	3	7081.2	7364.7	7776.9	7161.3	6228.0	6613.2
N <sub>15</sub> P <sub>45</sub> K <sub>60</sub> +N <sub>30</sub>	1	547.2	696.0	719.2	934.4	784.0	849.6
	2	1047.2	1311.2	1253.5	1398.7	1279.3	1343.7
	3	8834.4	9438.3	12773.7	12483.9	13430.8	9653.4
N <sub>45</sub> P <sub>45</sub> K <sub>60</sub>	1	627.2	680.0	761.6	854.4	912.0	584.0
	2	785.4	1019.2	868.5	1279.3	1144.0	997.2
	3	8280.9	7510.5	7395.3	9129.6	9767.7	7346.7
V, %	1	16.9	3.6	5.2	12.8	24.0	21.8
	2	22.0	18.3	20.7	18.6	22.7	25.0
	3	27.0	22.6	41.3	24.0	29.9	18.2

*Note.* 1 – first trifoliolate leaf – budding, 2 – budding – flowering, 3 – flowering – pod filling.

*Helprost Soy* during the budding and flowering stages – 1,273.6 and 999.2 kg × days/ha, respectively. The increase compared to the absolute control was 2.9 and 2.3 times, respectively.

In the subsequent interphase period «budding – flowering,» the trend of maximum ASP values persisted under P<sub>45</sub>K<sub>60</sub> fertilization and foliar application of *Helprost Soy* during the budding and flowering stages. The increase over the absolute control was 2.7 and 2.5 times, respectively, with corresponding ASP values of 1,761.1 and 1,661.0 kg × days/ha. It is worth noting that during this period, ASP values also exceeded those in the N<sub>15</sub>P<sub>45</sub>K<sub>60</sub>+N<sub>30</sub> and N<sub>45</sub>P<sub>45</sub>K<sub>60</sub> fertilization variants by 317.3–481.8 and 617.1–663.8 kg × days/ha, respectively.

In the next interphase period «flowering – pod filling,» a different pattern of ASP formation depending on the studied agronomic practices was observed. During this period, more favorable conditions for the formation of active symbiotic potential were observed under the fertilization

background of N<sub>15</sub>P<sub>45</sub>K<sub>60</sub> + N<sub>30</sub> fertilization combined with foliar feeding with *Helprost Soy* during the budding stage, resulting in an advantage of 8,956.0 kg × days/ha over the absolute control—an increase of 3 times. In the variant with N<sub>45</sub>P<sub>45</sub>K<sub>60</sub> fertilization and foliar feeding with *Helprost Soy* at the budding stage, the ASP increase compared to the absolute control was 5,292.9 kg × days/ha, or 2.2 times.

Under phosphorus-potassium fertilization during the «flowering – pod filling» period, foliar feeding with *Helprost Soy* during budding and flowering led to lower ASP values – 6,228.0 and 6,613.2 kg × days/ha, respectively – with an increase of only 1.4–1.5 times (1,753.2–2,138.4 kg × days/ha) over the absolute control.

The calculated data on the amount of biologically fixed nitrogen by soybean crops in 2021–2023, based on the ASP values and the specific symbiotic activity, indicate that nitrogen fixation levels were dependent on fertilization and the agronomic practices applied (table 2).

**Table 2. Biological nitrogen fixation by soybean crops during the «first trifoliolate leaf – pod filling» period depending on fertilization and pre-sowing seed treatment (average for 2021–2023), kg/ha**

Fertilization	Interphase period	Seed treatment			Seed treatment (Mycofriend + Vibrance) + foliar feeding with Helprost Soy at the stage of:	
		Water (control)	Mycofriend	Mycofriend + Vibrance	Branching	Budding
No fertilization (control)	29.03	38.91	33.17	46.91	61.44	45.17
	47.18	49.98	50.81	53.40	48.35	47.26
	54.45	65.62	78.66	77.88	81.16	67.88
$N_{45}P_{45}K_{60}$	50.65	50.49	60.31	58.30	62.48	48.64
<i>V</i> , %	24.8	21.4	34.0	22.6	21.3	20.1

It was established that during the «first trifoliolate leaf – pod filling» period, the highest amount of atmospheric nitrogen fixation by soybean plants was observed in the experimental variants with the application of mineral fertilizers at a rate of  $N_{15}P_{45}K_{60}+N_{30}$ . Under this fertilization background, the use of pre-sowing seed treatment with a biopreparation and seed dressing agent, combined with foliar feeding with an organo-mineral fertilizer during critical growth stages, ensured biological nitrogen fixation at the level of 65.62–81.16 kg/ha, which was 2.3–2.8 times higher than in the absolute control.

Foliar feeding with the organo-mineral fertilizer *Helprost Soy* during the budding stage under  $N_{15}P_{45}K_{60}+N_{30}$  fertilization contributed to an average increase in biologically fixed nitrogen of 52.13 kg/ha compared to the absolute control. When applied during branching and flowering stages, the increase amounted to 48.9 and 38.85 kg/ha, respectively. Slightly lower levels of biological nitrogen fixation were recorded when foliar feeding with organo-mineral fertilizer was applied under  $N_{45}P_{45}K_{60}$  and  $P_{45}K_{60}$  fertilization. In these cases, the increase compared to the control was 29.3 and 24.4 kg/ha during branching, 33.45 and 19.32 kg/ha during budding, and 19.61 and 18.23 kg/ha during flowering, respectively.

In the unfertilized variants, biological nitrogen accumulation during the study period ranged from 33.17 to 61.44 kg/ha depending on the agronomic treatments applied, exceeding the absolute control by 4.14–32.41 kg/ha. In these variants, pre-sowing treatment with a mycorrhiza-forming biopreparation resulted in an additional nitrogen fixation level of 9.88 kg/ha during the «first trifoliolate leaf – pod filling» period, which was 1.3 times higher than in the absolute control. When a combination of the biopreparation and chemical seed dressing agent was used, nitrogen fixation was 5.74 kg/ha lower than with biopreparation alone, possibly indicating a slightly

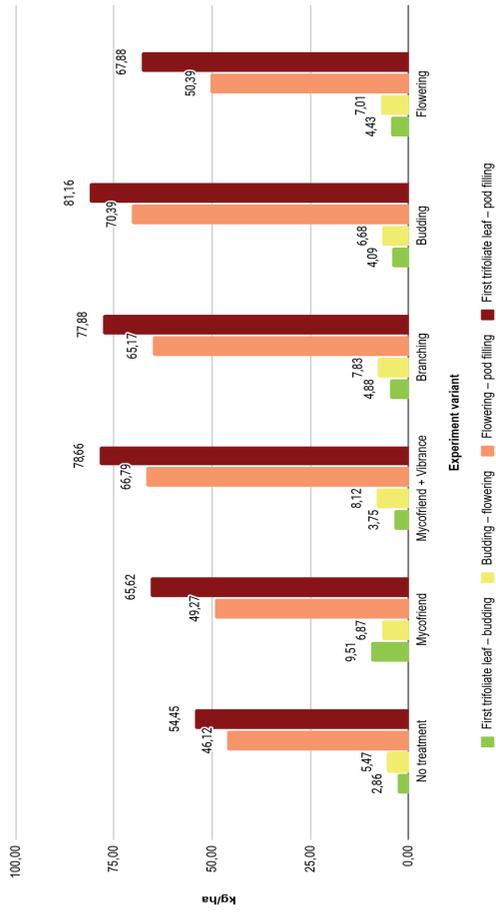
suppressive effect of the fungicide on beneficial microorganisms.

It is noteworthy that soybean cultivation without fertilizer application but with pre-sowing seed treatment using a mycorrhiza-forming biopreparation combined with a fungicidal seed dressing agent and foliar feeding with organo-mineral fertilizer during the budding stage provided biological nitrogen fixation equivalent to that achieved with mineral fertilization at rates of  $N_{45}P_{45}K_{60}$  or  $N_{15}P_{45}K_{60}+N_{30}$ .

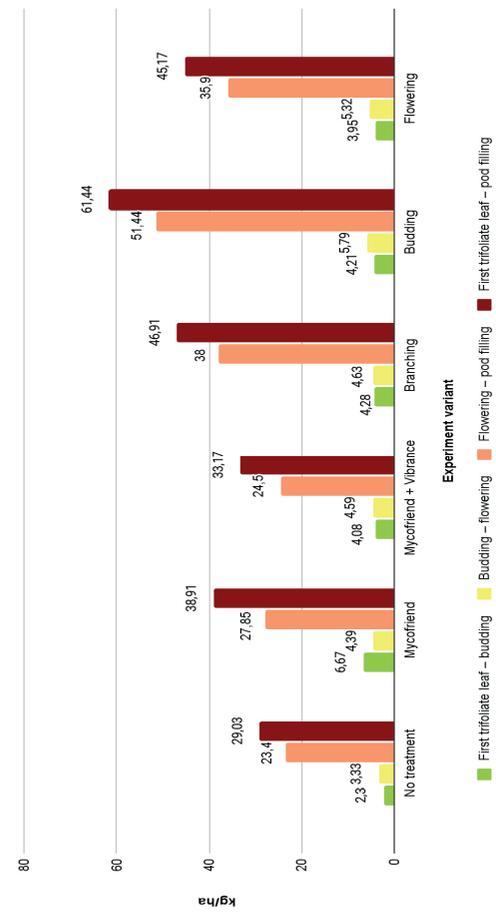
An analysis of the dynamics of nitrogen accumulation showed that the highest proportion of biologically fixed nitrogen was recorded during the «flowering – pod filling» period, accounting for an average of 67–87% of the total nitrogen fixed.

In the variants without fertilizer application, during the early vegetative period «first trifoliolate leaf – budding», the greatest difference in biological nitrogen fixation intensity compared to the absolute control – 4.37 kg/ha or 2.9 times higher – was recorded following seed treatment with a mycorrhiza-forming biopreparation (figure *a*). With the application of other agronomic practices, the nitrogen fixation values ranged from 3.95 to 4.28 kg/ha, exceeding the control by 72–86%. During the «budding – flowering» period, the difference from the control under applied treatments was 1.06–2.46 kg/ha (or 32–74%), while in the «flowering – pod filling» period it ranged from 1.10 to 28.04 kg/ha (or 5–120%).

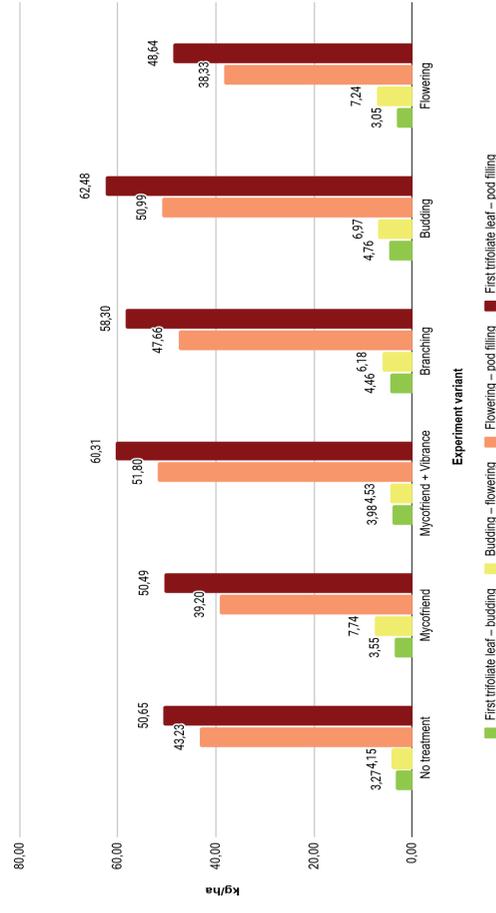
Among the treatments applied without fertilization, the highest effect was observed for soybean grown with a combination of pre-sowing seed treatment using a mycorrhizal biopreparation and seed dressing agent, along with foliar feeding with an organo-mineral fertilizer during the budding stage. This combination increased biological nitrogen fixation intensity by 2.46 kg/ha (1.7 times) during



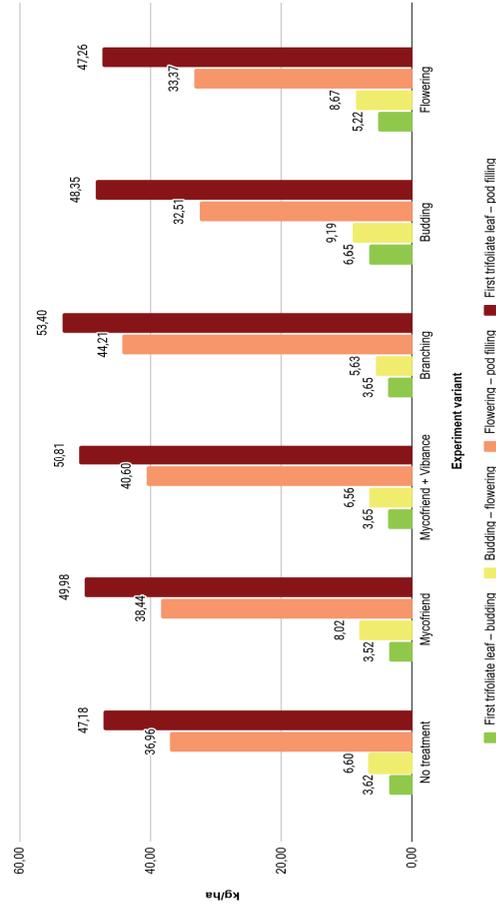
$b - P_{45}K_{60}$



$a - \text{No fertilization (control)}$



$d - N_{45}P_{45}K_{60}$



$c - N_{15}P_{45}K_{60} + N_{30}$

Biological nitrogen fixation by soybean crops depending on applied agronomic practices (average for 2021-2023), kg/ha

«budding – flowering» and by 28.04 kg/ha (2.2 times) during «flowering – pod filling».

Under  $P_{45}K_{60}$  fertilization during the early vegetative stages, the largest increases in nitrogen fixation intensity compared to the absolute control – 4.35 and 5.86 kg/ha – were observed during the «first trifoliolate leaf – budding» and «budding – flowering» periods, respectively, following pre-sowing seed treatment with a mycorrhizal biopreparation and seed dressing agent, combined with foliar feeding with *Helprost Soy* during the budding stage (figure b). During the «flowering – pod filling» period, the greatest effect was observed when foliar feeding was applied during branching, with a nitrogen fixation increase of 20.81 kg/ha (an 89% rise over the control).

Under  $N_{15}P_{45}K_{60}+N_{30}$  fertilization, the greatest difference during the «first trifoliolate leaf – budding» period – 7.21 kg/ha or 3.1 times higher than the control – was recorded following seed treatment with a mycorrhizal biopreparation (figure c). Other treatments resulted in nitrogen fixation levels of 3.75–4.88 kg/ha, or 63–112% above the control. During the «budding – flowering» period, the difference ranged from 3.35 to 4.79 kg/ha (2.0–2.4 times higher), and during «flowering – pod filling» from 25.87 to 46.99 kg/ha (2.1–3.0 times higher). The most effective practices under this fertilization background involved seed treatment with a combination of biopreparation and seed dressing agent and foliar feeding with organo-mineral fertilizer during the budding or branching stages.

In the case of  $N_{45}P_{45}K_{60}$  fertilization, the highest biological nitrogen fixation values during the «first trifoliolate

leaf – budding» period were observed in variants with pre-sowing seed treatment using a mycorrhizal biopreparation and seed dressing agent, and foliar feeding with organo-mineral fertilizer applied during the branching and budding stages. These treatments increased nitrogen fixation by 2.16 and 2.46 kg/ha (or 1.9 and 2.1 times), respectively, compared to the absolute control (Figure 1d). Treatment with the biopreparation alone enhanced nitrogen fixation by 54% (1.25 kg/ha), while the combination with a chemical seed dressing agent raised it by 73% (1.68 kg/ha).

In the later stages of soybean development, the greatest nitrogen fixation was observed in the variants with combined pre-sowing treatment (biopreparation + seed dressing agent) and foliar feeding with an organo-mineral fertilizer. These treatments increased nitrogen fixation by 1.79–2.17 times during the «budding – flowering» period and by 1.64–2.18 times during «flowering – pod filling.»

## CONCLUSIONS

It was established that the highest values of active symbiotic potential in soybean (13,430.8 kg × days/ha) were recorded during the «flowering – pod filling» period under the fertilization background of  $N_{15}P_{45}K_{60}+N_{30}$ , combined with foliar feeding using the organo-mineral fertilizer *Helprost Soy* during the budding stage. The increase over the control amounted to 9,062.1 and 8,956.0 kg × days/ha, respectively – approximately threefold. This ensured biological nitrogen fixation at a level of 81.16 kg/ha, which was 52.13 kg/ha, or 2.8 times greater than in the absolute control.

## REFERENCES

1. Patyka V.P., Kots S.Ia., Volkohon V.V. atall. (2003). *Biologichnyi azot*. Kyiv: Svit, 424 p.
2. Abd-Alla M.H., Al-Amri S.M., El-Enany A-W.E. (2023). Enhancing Rhizobium–Legume Symbiosis and Reducing Nitrogen Fertilizer Use Are Potential Options for Mitigating Climate Change. *Agriculture*, 13(11), 2092. doi: <https://doi.org/10.3390/agriculture13112092>.
3. Kebede E. (2021). Contribution, Utilization, and Improvement of Legumes-Driven Biological Nitrogen Fixation in Agricultural Systems. *Front. Sustain. Food Syst.* 5. 767998. doi: 10.3389/fsufs.2021.767998.
4. Shah A., Nazari M., Antar M. et al. (2021). PGPR in agriculture: a sustainable approach to increasing climate change resilience. *Front. Sustain. Food Syst.* 5. 667546. doi: 10.3389/fsufs.2021.667546.
5. Petrychenko V.F., Kobak S.Ia., Chorna V.M., Kulisnyk S.I., Lykhochvor V.V., Pyda S.V. (2018). Formuvannya azotfiksuvalnoho potentsialu ta produktyvnosti sortiv soi selektsii Instytutu kormiv ta silskoho hospodarstva Podillia NAAS. doi: <https://doi.org/10.15407/microbiolj80.05.063>.
6. Madsen L.H., Tirichine L., Jurkiewicz A. et al. (2010). The molecular network governing nodule organogenesis and infection in the model legume *Lotus japonicus*. *Nat. Commun.*, 1(10), 1–12. doi: <https://doi.org/10.1038/ncomms1009>.
7. Berehovenko S.K., Pukhtaievykh P.P., Yakymchuk R.A. (2018). Osoblyvosti formuvannya ta funkcionuvannya soievo-ryzobialnoho symbiozu pry vykorystanni novykh kultur *Vradyrhizobium japonicum*.

- Silskohospodarska mikrobiologija*, 27, 3–10. doi: <https://doi.org/10.35868/1997-3004.27.3-10>.
8. Kots S.Ia. (2021). Biologichna fiksatsiia azotu: dosiahnennia ta perspektyvy rozvytku. *Fiziologhiia roslyn i henetyka*, 53, 2, 128–159. doi: <https://doi.org/10.15407/frg2021.02.128>.
  9. Pavlyshche A.V., Kirizii D.A., Kots S.Ia. (2017). Reaktsiia symbiotychnykh system soi na diiu funhitydiv za riznykh sposobiv obrobky. *Fiziologhiia roslyn i henetyka*. T. 49, № 3. S. 237–247. doi: <https://doi.org/10.15407/frg2017.03.237>].
  10. Furman O.V. (2021). Symbiotychna produktyvnist ta urozhainist nasinnia soi zalezno vid inokulatsii ta udobrennia. *Tavriiskyi naukovyi visnyk*, 118, 200–205. doi: <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.118.24>.
  11. Nakei M.D., Venkataramana P.B., Ndakidemi P.A. (2022). Soybean-Nodulating Rhizobia: Ecology, Characterization, Diversity, and Growth Promoting Functions. *Front. Sustain. Food Syst.* 6. 824444. doi: 10.3389/fsufs.2022.824444.
  12. DSTU 4362:2004. (2006). Yakist gruntiv. Pokaznyky rodiuchosti gruntiv. (Natsionalnyi standart Ukrainy) Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy, 19 p.
  13. Yeshchenko V.O., Kopytko P.H., Opryshko V.P., Kostohryz P.V. (2005). *Osnovy naukovykh doslidzhen v ahronomii*. Kyiv: Diia. 288 p. .
  14. Vozniuk S.V., Tytova L.V., Ratushynska O.V., Iutynska H.O. (2016). Formuvannia ta funktsionuvannia symbiotychnykh system ta mikrobiotsenozu ryzosfery soi za vykorystannia riznykh funhitydiv. *Mikrobiologichnyi zhurnal*, 78, 4, 59–70.
  15. Humeniuk I.I., Levishko A.S., Dem'ianiuk O.S. (2021). Efektyvnist formuvannia i funktsionuvannia symbiotychnoi systemy soi za obrobky posiviv hlifosat. *Biologichni systemy: teoriia ta innovatsii*, 12, 1, 75–89. doi: <http://dx.doi.org/10.31548/biologiya2021.01.0>
  16. Didora V.H., Stupnitska O.S., Didora L.D. (2015). Efektyvnist symbiotychnoi diialnosti posiviv soi v umovakh Polissia Ukrainy. *Visnyk ahrarynoi nauky*, 8, 56–60.
  17. Nimenko S.S., Hrabovskyi M.B. (2023). Formuvannia symbiotychnoho aparatu sortiv soi za orhanichnoho vyroshchuvannia. *Ahrarni innovatsii*, 18, 89–97. doi: <https://doi.org/10.32848/ahrar.innov.2023.18.13>.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Патица В.П., Коць С.Я., Волкогон В.В. та ін. Біологічний азот. Київ: Світ, 2003. 424 с.
2. Abd-Alla M.H., Al-Amri S.M., El-Enany A-W.E. Enhancing Rhizobium–Legume Symbiosis and Reducing Nitrogen Fertilizer Use Are Potential Options for Mitigating Climate Change. *Agriculture*. 2023. 13(11). 2092. doi: <https://doi.org/10.3390/agriculture13112092>.
3. Kebede E. Contribution, Utilization, and Improvement of Legumes-Driven Biological Nitrogen Fixation in Agricultural Systems. *Front. Sustain. Food Syst.* 2021. 5. 767998. doi: 10.3389/fsufs.2021.767998.
4. Shah A., Nazari M., Antar M. et al. PGPR in agriculture: a sustainable approach to increasing climate change resilience. *Front. Sustain. Food Syst.* 2021. 5. 667546. doi: 10.3389/fsufs.2021.667546.
5. Петриченко В.Ф., Кобак С.Я., Чорна В.М., Колісник С.І., Лихочвор В.В., Пида С.В. Формування азотфіксуючого потенціалу та продуктивності сортів сої селекції Інституту кормів та сільського господарства Поділля НААН. *Мікробіологічний журнал*. 2018. Т. 80, № 5. С. 63–75. doi: <https://doi.org/10.15407/microbiolj80.05.063>.
6. Madsen L.H., Tirichine L., Jurkiewicz A. et al. The molecular network governing nodule organogenesis and infection in the model legume *Lotus japonicus*. *Nat. Commun.* 2010. 1(10). P. 1–12. doi: <https://doi.org/10.1038/ncomms1009>.
7. Береговенко С.К., Пухтаєвич П.П., Якимчук Р.А. Особливості формування та функціонування соєво-ризобіального симбіозу при використанні нових культур *Bradyrhizobium japonicum*. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2018. Вип. 27. С.3–10. doi: <https://doi.org/10.35868/1997-3004.27.3-10>.
8. Коць С.Я. Біологічна фіксація азоту: досягнення та перспективи розвитку. *Фізіологія рослин і генетика*. 2021. Т. 53, № 2. С. 128–159. doi: <https://doi.org/10.15407/frg2021.02.128>.
9. Павлице А.В., Кірізій Д.А., Коць С.Я. Реакція симбіотичних систем сої на дію фунгіцидів за різних способів обробки. *Фізіологія рослин і генетика*. 2017. Т. 49, № 3. С. 237–247. doi: <https://doi.org/10.15407/frg2017.03.237>.
10. Фурман О.В. Симбіотична продуктивність та урожайність насіння сої залежно від інокюляції та удобрення. *Таврійський науковий вісник*. 2021. № 118. С. 200–205. doi: <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.118.24>.
11. Nakei M.D., Venkataramana P.B., Ndakidemi P.A. Soybean-Nodulating Rhizobia: Ecology, Characterization, Diversity, and Growth Promoting Functions.

- Front. Sustain. Food Syst.* 2022. 6. 824444. doi: 10.3389/fsufs.2022.824444.
12. ДСТУ 4362:2004. Якість ґрунту. Показники родючості ґрунтів. (Національний стандарт України) Київ: Держспоживстандарт України, 2006. 19 с.
  13. Єщенко В.О., Копитко П.Г., Опришко В.П., Костогриз П.В.; Основи наукових досліджень в агрономії. Київ: Дія. 2005. 288 с.
  14. Вознюк С.В., Титова Л.В., Ратушинська О.В., Іутинська Г.О. Формування та функціонування симбіотичних систем та мікробіоценозу ризосфери сої за використання різних фунгіцидів. *Мікробіологічний журнал*. 2016. Т. 78, № 4. С. 59–70.
  15. Гуменюк І.І., Левішко А.С., Дем'янюк О.С. Ефективність формування і функціонування симбіотичної системи сої за обробки посівів гліфосат. *Біологічні системи: теорія та інновації*. 2021. Т. 12, № 1. С. 75–89. doi: <http://dx.doi.org/10.31548/biologiya2021.01.0>.
  16. Дідора В.Г., Ступніцька О.С., Дідора Л.Д. Ефективність симбіотичної діяльності посівів сої в умовах Полісся України. *Вісник аграрної науки*. 2015. № 8. С. 56–60.
  17. Німенко С.С., Грабовський М.Б. Формування симбіотичного апарату сортів сої за органічного вирощування. *Аграрні інновації*. 2023. № 18. С. 89–97. doi: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.18.13>.

**Голодна А.В., Грицюк Я.В.**

***Симбіотична діяльність сої за різних варіантів технології вирощування в Правобережному Лісостепу***

**Мета.** Визначити вплив досліджуваних агрозаходів, зокрема, варіантів основного удобрення, позакореневого підживлення органо-мінеральним добривом у критичні періоди розвитку культури, передпосівного оброблення насіння мікоризоутворювачем та протруйником, а також їх поєднання у технології вирощування на формування активного симбіотичного потенціалу та біологічну фіксацію азоту посівами сої. **Методи.** Польовий експеримент, лабораторні, аналітичні, математико-статистичні, порівняльно-розрахункові. **Результати.** В статті представлені показники активного симбіотичного потенціалу та біологічної фіксації азоту посівами сої у міжфазні періоди росту й розвитку залежно від варіантів удобрення й передпосівного оброблення насіння. **Висновки.** Встановлено, що найвищі показники активного (13430,8 кг × діб/га) симбіотичного потенціалу сої були у міжфазний період цвітіння – наливу бобів на фоні удобрення  $N_{15}P_{45}K_{60} + N_{30}$  та застосування позакореневого підживлення рослин органо-мінеральним добривом Хелпрост Соя у фазі бутонізації із перевагою над контролем відповідно на 9062,1 і 8956,0 кг × діб/га, або в 3 рази. Це забезпечило фіксацію біологічного азоту на рівні 81,16 кг/га, що було на 52,13 кг/га, або в 2,8 рази більше, ніж в абсолютному контролі. Аналіз закономірностей впливу надасть можливість визначити оптимальний варіант моделі технології вирощування сої, та розробити заходи, що одночасно з максимальною реалізацією потенціалу сорту забезпечать підвищення біологічної фіксації азоту посівами культури.

**Ключові слова:** активний симбіотичний потенціал, біологічна фіксація азоту, мікоризоутворювач, мінеральні добрива, органо-мінеральні добрива, позакореневе підживлення, протруйник.

**ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ**

**Голодна А.В.**, доктор с.-г. наук, професор, головний науковий співробітник ННЦ «Інститут землеробства НААН», e-mail: [ant.golodna@gmail.com](mailto:ant.golodna@gmail.com), ORCID : 0000-0002-7775-8229.

**Грицюк Я.В.**, доктор філософії, науковий співробітник ННЦ «Інститут землеробства НААН», e-mail: [hrytsiuk.yaroslav@gmail.com](mailto:hrytsiuk.yaroslav@gmail.com), ORCID: 0009-0007-9301-6990.

**Holodna A.V.**, PhD in Agricultural Sciences, professor, Main Scientific Employee at the National Scientific Center «Institute of Agriculture of the NAAS», e-mail: [ant.golodna@gmail.com](mailto:ant.golodna@gmail.com), ORCID :0000-0002-7775-8229.

**Hrytsiuk Ya.V.**, PhD, research fellow at the National Scientific Center «Institute of Agriculture of the NAAS», e-mail: [hrytsiuk.yaroslav@gmail.com](mailto:hrytsiuk.yaroslav@gmail.com), ORCID: 0009-0007-9301-6990.

Надійшла 22.05.2025

## ВПЛИВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЗАХОДІВ НА ФОРМУВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ПРОДУКТИВНОСТІ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ СПЕЛЬТИ ЗА ОРГАНІЧНОГО ВИРОЩУВАННЯ

С.П. Шляхтурова, В.М. Юла, Д.С. Шляхтуров

ННЦ «ІЗ НААН» (с-ще Чабани, Україна)

**Мета.** Визначити вплив застосування технологічних заходів на особливості формування елементів продуктивності пшениці спельти (озимої) для оптимізації технології органічного вирощування культури, що дозволить найповніше реалізувати її генетичний потенціал в умовах північної частини Правобережного Лісостепу. **Методи.** Польовий, лабораторний, розрахунковий, статистичний. **Результати.** Найвищі показники польової схожості насіння спельти – 85% – забезпечувало застосування біопрепарату для обробки насіння як окремо, так і на фоні позакореневого внесення біодобрива на IV і VII етапах органогенезу за вирощування після сидерату. Цей попередник забезпечував польову схожість на 4-5% вищу, ніж гірчиця яра на насіння. Утворення та редукція стебел спельти озимої мали динамічний характер: відмічено зростання на 21,1–50,8% від II до IV етапу органогенезу з подальшим відмиранням непродуктивних пагонів до IX етапу на 20,6–33,3%. Після сидерального пару кількість стебел у фазі цвітіння і молочної стиглості зерна становила від 711–713 шт./м<sup>2</sup> на контролі до 907–910 шт./м<sup>2</sup> у варіанті поєднання обробки насіння та посівів. Цей попередник забезпечив вищі показники висоти рослин – на 4,9–9,8%, довжини колоса на 5,9–10,0%, озерненості колоса – на 7,6–19,8%. Застосування біопрепаратів забезпечило підвищення польової схожості на 3,0-4,0%. **Висновки.** Використання технологічних прийомів вирощування (вибір попередника, використання препаратів для оброблення насіння і посівів) чинить істотний вплив на ріст, розвиток і формування елементів продуктивності пшениці спельти (озимої) за органічного вирощування. Поєднання у технології вирощування сидерального пару, обробки насіння препаратом та обробок посівів біодобривом створило умови для формування на IX етапі органогенезу агрофітоценозів спельти з максимальними показниками: кількість рослин і продуктивних стебел – 319 шт./м<sup>2</sup>, висота рослин – 108,5 см, довжина колоса – 10,7 см, озерненість колоса – 52,3 шт.

**Ключові слова:** біодобриво, біопрепарат, висота рослин, сидерат, структура врожаю, схожість, урожайність.

**Вступ.** Нині українська економіка долає значні складнощі, які спричинила повномасштабна війна. Не минули вони й органічний сектор. Зокрема, внаслідок мілітарних дій виведено з обігу значну кількість земель, значна кількість органічних господарств залишилися на тимчасово окупованій території, порушена або значно здорожчала логістика продукції. Станом на початок 2024 р. в Україні було зареєстровано понад 480 органічних операторів, серед яких 383 – сільськогосподарські виробники, сертифіковані за стандартом, що еквівалентний органічному законодавству ЄС, та NOP (США), які охопили своєю діяльністю близько 472 тис. га сільськогосподарських

земель (органічних і перехідного періоду), з них 390,9 тис. га склали землі з органічним статусом [1]. У 2023 р. було експортовано на зовнішній ринок органічної продукції загальним обсягом 198 тис. т вартістю 141 млн дол. США [2]. Українські органічні продукти купують споживачі Нідерландів, Австрії, Німеччини, Швейцарії, Польщі, Франції та багатьох інших країн Європи [3]. За даними Європейської комісії, у 2024 р. Україна посіла третє місце серед країн-імпортерів органічної продукції до Євросоюзу [4].

**Мета досліджень** – визначити вплив застосування технологічних заходів на особливості формування елементів продуктивності пшениці спельти (озимої)

для оптимізації технології органічного вирощування культури, що дозволить найповніше реалізувати її генетичний потенціал в умовах північної частини Правобережного Лісостепу.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** За даними статистичного управління Європейського Союзу Eurostat, Україна за обсягами постачання сільськогосподарської продукції у 2023 р. посідала третє місце серед усіх торговельних партнерів ЄС, поступившись лише Сполученому Королівству та Бразилії. В структурі загального імпорту агропродовольчих товарів до ЄС частка нашої держави становила 6,6% [5]. Це підтверджує стратегічне значення аграрного сектору в розвитку торгівлі з Євросоюзом.

У той самий час, незважаючи на значне зростання загального аграрного експорту до ЄС, частка в ньому органічної продукції виключно мала — всього 0,03%, що свідчить про значний потенціал для подальшого розвитку цієї експортоорієнтованої галузі. На думку Н. Шмиголь, Władysława Łuczka [6], експортуючи сільськогосподарську сировину замість органічних продуктів, українські товаровиробники втрачають 2500–2700 дол. США на кожній умовній тонні продукції.

Вирішенню цього питання приділяється увага на державному рівні. Зокрема, «Національна економічна стратегія на період до 2030 року», яка затверджена Постановою КМУ від 3 березня 2021 р. № 179 (із змінами, внесеними згідно з Постановами КМУ № 202 від 10.03.2021, № 369 від 21.04.2023) передбачає до 2030 р. збільшення площі земель з органічним статусом до не менш як 3% загальної площі сільськогосподарських угідь, збільшення експорту органічної продукції до 1 млрд дол. США [7]. Це сприятиме досягненню Цілей сталого розвитку, затверджених Указом Президента України №722/2019 «Про Цілі сталого розвитку України на період до 2030 року» [8], який, зокрема, передбачає пріоритетними завданнями сучасної аграрної науки – пошук науково обґрунтованих шляхів подолання бідності та голоду населення; досягнення продовольчої безпеки; поліпшення харчування і сприяння сталому розвитку сільського господарства; забезпечення здорового способу життя та сприяння благополуччю для всіх у будь-якому віці.

Одним із перспективних напрямів вирішення цих питань є вирощування пшениці спельти (озимої) за принципами органічного землеробства. Спельта є цінною злаковою культурою, придатною для дієтичного харчування [9; 10], ціна на її зерно досить висока [11],

що спонукає аграріїв розглядати перспективи її вирощування. Це є особливо актуальним в умовах військового стану та повоєнного відновлення країни, забезпечуючи додаткові джерела надходження від експорту зернової продукції. Наприклад, у 2023 р. обсяги експорту органічної пшениці, зокрема спельти, становили 14 тис. 900 т вартістю 4,5 млн дол. США, займаючи четверте місце в структурі експортованої органічної продукції з України [12].

Серед актуальних проблем вирощування пшениці спельти озимої за органічного землеробства залишається питання оптимізації удобрення рослин за досить обмеженого спектра ресурсів, дозволених до використання у цій галузі. Зокрема, органічне виробництво передбачає повну відмову від застосування мінеральних добрив, отрутохімікатів, генетично модифікованих організмів [13]. Тому пошук шляхів заміни цих важливих елементів технології є актуальним.

Вітчизняні науковці вважають сидерацію базовою складовою органічного землеробства [14], важливою альтернативою традиційним органічним добривам [15], основою для оптимізації мінерального живлення рослин [16], підвищення родючості ґрунту [17]. Застосування сидеральних культур сприяє створенню сприятливих умов для росту й розвитку культурних рослин, значно підвищує врожайність наступних у сівозміні культур [18]. У той самий час, ефективність сидерації за вирощування спельти досліджена недостатньо.

Іншим шляхом вирішення проблеми оптимізації живлення рослин є застосування біологічних препаратів удобрювальної, захисної та стимулювальної дії, якими обробляють насіння перед сівбою та посіви під час вегетації рослин у критичні фази росту і розвитку. Проблеми ефективності дії біологічних препаратів на формування урожайності та якості зерна спельти за органічного вирощування досліджували в умовах Полісся [19], Правобережного Лісостепу [20], Південного Степу України [21].

Водночас ефективність комплексного впливу використання сидеральних добрив, передпосівного оброблення насіння біологічними препаратами та позакореневого внесення біодобрив на ріст, розвиток і формування продуктивності пшениці спельти озимої вивчена недостатньо.

**Матеріали та методи досліджень.** Дослідження проведено впродовж 2020–2023 рр. у короткотерміновому досліді на темно-сірому опідзоленому ґрунті відділу технологій зернових колосових культур

Таблиця 1. Схема досліду

Фактор А Попередник	Фактор Б Обробка біопрепаратами
1. Сидеральний пар (зелена маса гірчиці ярої); 2. Гірчиця яра на насіння	1. Обробка насіння водою (контроль); 2. Обробка насіння біопрепаратом Біокомплекс-БТУ, норма витрати 1,5 л/т; 3. Обробка насіння біопрепаратом Біокомплекс-БТУ, норма витрати 1,5 л/т; 4. Обробка насіння біопрепаратом Біокомплекс-БТУ, норма витрати 1,5 л/т, обробка посівів органічним добривом Біо-гель (двічі – у фази кінець кушення і вихід у трубку, по 1,5 л/га)

Національного наукового центру «Інститут землеробства Національної академії аграрних наук України».

Темно-сірий опідзолений ґрунт, на якому було закладено дослід, характеризувався такими показниками: вміст гумусу – 1,94%, вміст лужногідролізованого азоту (за Корнфілдом) – 97 мг N на кг ґрунту (дуже низький рівень), вміст рухомого фосфору (за Чириковим) – 172 мг/кг ґрунту (високий рівень), вміст рухомого калію (за Чириковим) – 102 мг/кг ґрунту (підвищений рівень) [22]. Реакція ґрунтового середовища ( $pH_{\text{сол.}}$  – 5,3) – слабо кисла, гідролітична кислотність – 2,89 м-екв/100 г ґрунту, сума ввібраних основ – 13,1 м-екв/100 г ґрунту.

У досліді висівали сорт пшениці озимої спельти Евріка. Агротехніка вирощування культури включала обробіток дисковою бороною АГД – 2,5 на глибину 10–12 см, передпосівний обробіток ґрунту агрегатом типу «Європак» на глибину загортання насіння. Висівали насіння спельти в оптимальні для зони терміни: у 2020 р. – 25 вересня, у 2021 і 2022 рр. – 23 вересня з нормою висіву 5,5 млн схожих насінин на 1 га. Попередник – сидеральний пар (зелена маса гірчиці ярої) та гірчиця яра.

Дослідженнями передбачалось визначення ефективності препаратів, які дозволені до використання в органічному виробництві – Біокомплекс-БТУ та Біо-гель. Характеристика препаратів подана нижче.

Біокомплекс-БТУ, р. – клітини бактерій *Bacillus subtilis* 221 – 40+10%, *Azotobacter* – 30+10%, *Paenibacillus polymyxa* – 10+5%, *Enterococcus* – 10+5%, *Lactobacillus* – 10+5% титр  $1 \times 10^8$  –  $1 \times 10^9$  КУО/см<sup>3</sup>, макро- та мікроелементи, біологічні активні продукти життєдіяльності бактерій: нікотинова та пантотенова кислоти, піридоксин, біотин, гетероауксини, гіберелін, цитокініни, ферменти, фунгіциди та бактерицидні речовини тощо. Норми внесення препарату: для обробки насіння – 1,0–2,0 л/т, для обприскування в період вегетації – 0,3–0,8 л/га.

Біо-гель – органічне добриво на основі гумітів, яке містить у собі N – 0,30%, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 0,30, K<sub>2</sub>O – 0,05, Mn – 10,6–16,0, Mo – 0,20–0,30, Zn – 0,77–1,20, Cu – 0,45–0,70%, Co – 0,53–0,80, B – 0,45–0,70%, а також сапрофітні мікроорганізми природної органічної сировини. Норма внесення препарату – по 1,5 л/га на кожному з критичних етапів органогенезу.

Польові досліді закладали й виконували з урахуванням вимог методики дослідної справи [23]. Повторність досліду – чотириразова. Загальна площа під дослідом становила 0,32 га, площа облікової ділянки – 12,4 м<sup>2</sup>. Схему досліду наведено в табл. 1.

У процесі проведення досліджень застосовані загальнонаукові та спеціальні методи: польовий метод – для вивчення взаємозв'язку об'єктів із біотичними та абіотичними факторами середовища; лабораторні методи: морфологічний, біометричний, вимірювальний; розрахунковий, математично-статистичний [23].

**Результати та їх обговорення.** Як відомо, продуктивність будь-якої сільськогосподарської культури забезпечується відповідними елементами структури, серед яких найвизначальнішим є кількість рослин на одиниці площі. Формування цього показника відбувається на початкових етапах росту і розвитку рослин та залежить від норми висіву, якості сівби, зволоженості посівного шару ґрунту (табл. 2).

У середньому за 2021–2023 рр. найвищі показники польової схожості насіння спельти – 85% – забезпечували варіанти застосування Біокомплекс – БТУ для обробки насіння як окремо, так і на фоні обприскування посівів добривом Біо-гель на IV і VII е. о. за вирощування після сидерату. Цей попередник загалом забезпечував польову схожість, на 4-5% (абс.) вищу, ніж за вирощування після гірчиці ярої на насіння.

Біопрепарати мали позитивний вплив на процеси формування густоти стеблостою пшениці спельти. Зокрема, передпосівне оброблення насіння

**Таблиця 2. Польова схожість насіння та динаміка кількості рослин спельти за органічного землеробства, ННЦ «ІЗ НААН», середнє за 2021–2023 рр.**

Варіант	Польова схожість, %	Кількість рослин на етапі органогенезу, шт./м <sup>2</sup>				
		II	IV	VI	IX	XI
<b>Попередник – сидеральний пар (зелена маса гірчиці ярої)</b>						
Контроль (без обробки)	81	365	309	281	277	277
Обробка насіння Біокомплекс-БТУ (1,5 л/т)	85	383	335	306	304	304
Обробка посівів Біо-гель на IV і VII е. о. (по 1,5 л/га)	81	365	312	283	279	279
Обробка насіння Біокомплекс-БТУ (1,5 л/т) + обробка посівів Біо-гель на IV і VII е. о. (по 1,5 л/га)	85	383	350	320	319	318
<b>Попередник – гірчиця яра</b>						
Контроль (без обробки)	77	346	285	259	256	256
Обробка насіння Біокомплекс-БТУ (1,5 л/т)	80	359	316	285	276	276
Обробка посівів Біо-гель на IV і VII е. о. (по 1,5 л/га)	77	346	295	272	262	262
Обробка насіння Біокомплекс-БТУ (1,5 л/т) + обробка посівів Біо-гель на IV і VII е. о. (по 1,5 л/га)	80	359	333	314	298	298
σ	2,86	13,31	20,21	19,91	20,08	19,87
V, %	3,5	3,7	6,4	6,9	7,1	7,0

препаратом Біокомплекс-БТУ, сприяло підвищенню кількості рослин спельти в агроценозі впродовж II–IX етапів органогенезу на 3,8–10,9% порівняно до контролю залежно від попередника. Обробка посівів добривом Біо-гель на IV і VII етапах органогенезу (по 1,5 л/га) забезпечила лише тенденцію до зростання цього показника – на рівні 0,7–5,0% у відповідні етапи органогенезу залежно від попередника. Комплексне застосування біопрепарату і органічного добрива забезпечило збільшення рослин спельти на XI етапі органогенезу на 14,8% за вирощування після сидерата і на 16,4% за вирощування після гірчиці ярої.

Процес куцнення пшениці спельти озимої залежав від попередника та оброблення насіння і посівів. На II етапі органогенезу коефіцієнт куцнення після гірчиці ярої на зерно становив 1,65–1,78, а після сидерату зростав до 1,78–1,92 одиниць. Найбільших значень (15,4%) різниця у пагоноутворенні між варіантами досліду досягала у фазах цвітіння і молочної стиглості.

Встановлено, що утворення та редукція стебел спельти озимої мали динамічний характер: відмічене зростання на 21,1–50,8% від II до IV етапу органогенезу з подальшим відмиранням непродуктивних пагонів до IX етапу на 20,6–33,3%. Вищою щільністю відрізнялися агрофітоценози спельти після сидерального пару, де кількість стебел у фазі цвітіння та молочної стиглості зерна становила від 711–713 шт./м<sup>2</sup>

на контролі до 907–910 шт./м<sup>2</sup> – у варіанті поєднання обробки насіння і посівів, ефективність якого сягала 27,6%. Після гірчиці ярої на зерно посіви спельти озимої формувались зі щільністю від 650 до 786 шт./м<sup>2</sup> та приростом від комплексної обробки біопрепаратом і біодобривом 20,9%.

Крім кількості продуктивних стебел, що є основним кількісноутворюваним урожай показником, важливо забезпечити формування колоса з високою кількістю колосків та зернівок, а отже – довжиною. Це досягається за рахунок якнайповнішого забезпечення рослини факторами життя – сонячним світлом, вологою, мінеральними речовинами. Крім того, озерненість колоса та особливо його маса істотно залежать від погодних умов у фазах цвітіння, утворення та наливу зерна. Високі температури повітря на фоні відсутності опадів та низької вологості повітря можуть призвести до стерильності квіток, «запалу» зерна, його низької маси, що істотно знизить врожай.

У середньому за 2021–2023 рр. досліджень висота рослин коливалась у межах від 89,5 до 108,5 см (табл. 3). Застосування сидерального пару забезпечило формування рослин спельти, на 4,9–9,8% вищих, ніж після попередника гірчиця. Слід зауважити, що одноразове застосування препаратів шляхом оброблення насіння Біокомплекс-БТУ забезпечило незначне збільшення висоти рослин лише за вирощування після гірчиці на зерно – на 2,2%. Дворазове

Таблиця 3. Висота рослин та елементи структури колоса спельти озимої на XI етапі органогенезу за органічного землеробства, ННЦ «ІЗ НААН», середнє за 2021–2023 рр.

Варіант	Висота рослин, см	Довжина колоса, см	Кількість зернин у колосі, шт.
<b>Попередник – сидеральний пар (зелена маса гірчиці ярої)</b>			
Контроль (без обробки)	96,5	9,9	45,3
Обробка насіння Біокомплекс-БТУ (1,5 л/т)	96,0	10,0	46,0
Обробка посівів Біо-гель на IV і VII е. о. (по 1,5 л/га)	106,0	10,5	51,2
Обробка насіння Біокомплекс-БТУ (1,5 л/т) + обробка посівів Біо-гель на IV і VII е. о. (по 1,5 л/га)	108,5	10,7	52,3
<b>Попередник – гірчиця яра</b>			
Контроль (без обробки)	89,5	9,1	37,8
Обробка насіння Біокомплекс-БТУ (1,5 л/т)	91,5	9,1	39,1
Обробка посівів Біо-гель на IV і VII е. о. (по 1,5 л/га)	96,5	9,9	46,6
Обробка насіння Біокомплекс-БТУ (1,5 л/т) + обробка посівів Біо-гель на IV і VII е. о. (по 1,5 л/га)	99,0	10,1	48,6
$\sigma$	6,10	0,54	4,86
$V, \%$	6,2	5,4	10,6

обприскування посівів біодобривом сприяло збільшенню висоти рослин на 7,8–9,8% залежно від попередника, а поєднання цих заходів із передпосівним обробленням насіння біопрепаратом – на 10,6–12,4%.

Результати досліджень, проведених у 2021–2023 рр., дають змогу зробити висновок про істотний вплив попередників на елементи продуктивності спельти. За вирощування після сидерального пару параметри цих показників були більшими, ніж після гірчиці на зерно: довжина колоса – на 5,9–9,9%, озерненість колоса – на 7,6–19,8% залежно від варіанта застосування препаратів.

Стосовно дії біопрепаратів відмічено таку закономірність: оброблення насіння Біокомплекс-БТУ досить незначною мірою впливало на формування цих показників – у межах 0,1–3,4%; позитивний ефект від позакореневого внесення біодобрива та комплексного поєднання в технології вирощування біопрепаратів і біодобрив був значним, такі варіанти забезпечили в середньому за три роки збільшення довжини колоса на 6,1–11,0%, озерненості колоса – на 13,0–28,6% залежно від попередників.

Важливим чинником впливу на довжину колоса і кількість зернин у ньому, є оброблення посівів органічним добривом, що свідчить про важливість оптимального забезпечення елементами живлення, особливо за органічної системи землеробства, де застосування хімічно синтезованих добрив не дозволяється.

У кращому варіанті дослідження (сидеральний пар + обробка насіння препаратом Біокомплекс-БТУ + обробка посівів добривом Біо-гель на IV і VII е. о.) на IX етапі органогенезу агрофітоценози спельти за органічного землеробства в середньому за три роки досліджень формувались з такими показниками: кількість рослин і продуктивних стебел – 319 шт./м<sup>2</sup>, висота рослин – 108,5 см, довжина колоса – 10,7 см, озерненість колоса – 52,3 шт.

Детальніше щодо впливу досліджуваних чинників на показники урожайності та якості зерна нами висвітлено у праці [24]. Дозволимо собі лише нагадати, що в середньому за роки досліджень рівень урожайності зерна спельти коливався у межах 3,93–6,43 т/га, вміст протеїну – 13,1–14,4%, клейковини – 23,5–25,3%. Поєднання у технології вирощування сидерального пару, обробки насіння препаратом Біокомплекс-БТУ та позакореневого внесення добрива Біо-гель на IV і VII етапах органогенезу забезпечило максимальні показники урожайності і якості зерна у досліді, а саме – отримання в середньому за роки досліджень 6,43 т/га зерна з вмістом протеїну 14,4% та клейковини 25,6%, а також 67,14 тис. грн/га прибутку за рентабельності 670%.

### Висновки

Застосування технологічних прийомів вирощування (вибір попередника, застосування препаратів для оброблення насіння і посівів) чинить істотний

вплив на формування елементів продуктивності пшениці спельти (озимої) за органічного вирощування. Зокрема, уведення сидерального пару забезпечило, порівняно до варіантів, де попередником слугували посіви гірчиці ярої, вищі показники: польової схожості – на 4-5% (абс.), щільності фітоценозу – на 5,5–10,1%, висоти рослин – на 4,9–9,8%, довжини колоса на 5,9–10,0%, кількості колосків – на 6,5–10,5%, озерненості колоса – на 7,6–19,8%. Застосування біопрепаратів забезпечило польову схожість, на 3,0-4,0% вищу, ніж на контрольних варіантах. Передпосівне оброблення насіння препаратом Біокомплекс-БТУ, сприяло підвищенню кількості рослин спельти в агроценозі протягом II–IX етапів органогенезу на 3,8–10,9% порівняно

до контролю залежно від попередника. Комплексне поєднання в технології вирощування біопрепаратів і біодобрив забезпечило збільшення довжини колоса на 6,1–11,0%, кількості колосків у колосі – на 11,7–20,5%, озерненості колоса – на 13,0–28,6% залежно від попередників.

Поєднання у технології вирощування таких елементів, як сидеральний пар, обробка насіння препаратом Біокомплекс-БТУ та обробка посівів біодобривом Біо-гель на IV і VII е. о. створило умови для формування на IX етапі органогенезу агрофітоценозів спельти з максимальними показниками: кількість рослин і продуктивних стебел – 319 шт./м<sup>2</sup>, висота рослин – 108,5 см, довжина колоса – 10,7 см, озерненість колоса – 52,3 шт.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Organicinfo. Інфографіка: Органічна карта України 2023 (ЄС, NOP) URL: <https://organicinfo.ua/infographics/organic-map-of-ukraine-2023/>.
2. Organicinfo. Інфографіка: Продажі органічної продукції за 2016-2023: зовнішній ринок. URL: <https://organicinfo.ua/infographics/export-market-2016-2023/>.
3. Organicinfo. Інфографіка: Експорт української органічної продукції у світі (2023 рік, країни) URL: <https://organicinfo.ua/infographics/world-import-of-ua-organic-2023/>.
4. EC (2025), EU imports of organic agri-food products, Key developments in 2024, May 2025. European Commission, DG Agriculture and Rural Development, Brussels. URL: [https://agriculture.ec.europa.eu/document/download/64db8871-85b6-483f-9dee-cb94e657b399\\_en?filename=analytical-brief-7-eu-organic-imports-brief\\_en.pdf](https://agriculture.ec.europa.eu/document/download/64db8871-85b6-483f-9dee-cb94e657b399_en?filename=analytical-brief-7-eu-organic-imports-brief_en.pdf).
5. Key figures on the European food chain – 2024 edition. URL: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-key-figures/w/ks-01-24-000>.
6. Шмиголь Н., Łuczka Władysława Оцінювання розвитку органічного землеробства в Україні та Польщі. *Управління змінами та інновації*. 2022. № 3. С. 48–54. DOI: <https://doi.org/10.32782/СМІ/2022-3-9>.
7. Про затвердження Національної економічної стратегії на період до 2030 року. Постанова КМУ від 3 березня 2021 р. № 179 (Із змінами, внесеними згідно з Постановами КМ № 202 від 10.03.2021, № 369 від 21.04.2023). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/179-2021-%D0%BF#Text>.
8. Указ Президента України №722/2019 «Про Цілі сталого розвитку України на період до 2030 року». Президент України: Офіційне інтернет-представництво. URL: <https://www.president.gov.ua/documents/7222019-29825>
9. Господаренко Г.М., Любич В.В. Цінна пшениця спельта. URL: <http://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/17402-tsinna-pshenytsia-spelta.html>.
10. Господаренко Г.М., Любич В.В. Спельта – пшениця, яку обирає світ. URL: <http://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/16503-spelta-pshenytsia-iaku-obyraie-svit.html>.
11. Алавердян Л.М., Юдичева О.П., Романенко О.В. Боршно зі спельти: визначення та обґрунтування тенденцій розвитку ринку, оцінка якості. *Товарознавчий вісник*. 2019. Вип. 12. С. 6–17.
12. Organicinfo. Інфографіка: Експорт органічної продукції з України: ТОП-10 експортованих продуктів (світ, 2023). URL: <https://organicinfo.ua/infographics/top10-exported-products-world-2023/>.
13. Камінський В.Ф. Наукові засади біологічного землеробства в умовах змін клімату. *Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства НААН»*. 2016. Вип.1. С. 3–15
14. Писаренко В.М. Антоненко А.С., Лук'яненко Г.В., Писаренко П.В. Система органічного землеробства агроєколога Семена Антонця. Полтава, ФОП Мирон І.А., 2017. 124 с.
15. Чмель О.П., Круподеря Ю.О., Бондар І.М. Сидерація як альтернатива органічним добривам і засіб збільшення продуктивності агроценозів. *Вісник ХНАУ. Серія: «Рослинництво, селекція і насінництво, плодовоовочівництво і зберігання»*. 2019. Вип. 2. С. 35–44

16. Балюк С.А., Носко Б.С., Шимель В.В., Єстеревська Л.В., Момот Г.Ф. Оптимізація живлення рослин у системі факторів ефективної родючості ґрунтів. *Вісник аграрної науки*. 2019. Вип. 97 (3). С. 12–19. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201903-02>.
17. Писаренко В.М., Писаренко П.В., Писаренко В.В., Горб О.О., Чайка Т.О. Формування родючості ґрунту в умовах органічного землеробства. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2019. № 3. С. 85–91. DOI: <https://doi.org/10.31210/visnyk2019.03.11>.
18. Городиська І.М., Кравчук Ю.А. Сидерація – один з чинників збереження родючості ґрунту в органічному землеробстві. *Збалансоване природокористування*. 2023. №4. С. 135–1
19. Савчук О.І., Кошицька Н. А., Гуреля В.В., Ключевич М. М. Вирощування спельти озимої за використання препаратів біологічного походження в умовах Полісся. *Агропромислове виробництво Полісся*. 2018. Вип. 11. С. 31–34.
20. Заїка Н.В., Карпук Л.М. Урожайність та якість зерна спельти (*Triticum spelta* L.) в умовах Лісостепу України. *Агробіологія*. 2023. № 1. С. 114–122. DOI: <https://doi.org/10.33245/2310-9270-2023-179-1-114-122>
21. Корхова М.М., Льовкіна А.В. Перспективи вирощування пшениці спельти на півдні України. *Молодий вчений*. 2017. № 3 (43). С. 26–29.
22. ДСТУ 4362:2004. Якість ґрунту. Показники родючості ґрунтів. (Національний стандарт України). Київ: Держспоживстандарт України, 2006. 19 с.
23. Єщенко В.О. Основи наукових досліджень в агрономії. Київ: Едельвейс, 2014. 331 с.
24. Шляхтурова С.П., Юла В.М., Шляхтуров Д.С. Особливості формування продуктивності пшениці спельти озимої за органічного вирощування в Правобережному Лісостепу. *Землеробство та рослинництво: теорія і практика*. 2024. Вип. 4 (14). С. 68–76. DOI: <https://doi.org/10.54651/agri.2024.04.08>

## REFERENCES

1. Organicinfo. Infografika: Orhanichna karta Ukrainy 2023 (EU, NOP) URL: <https://organicinfo.ua/info-graphics/organic-map-of-ukraine-2023/> [in Ukrainian].
2. Organicinfo. Infografika: Prodazhi orhanichnoi produktsii za 2016–2023: zovnishnii rynek. URL: <https://organicinfo.ua/infographics/export-market-2016-2023/> [in Ukrainian].
3. Organicinfo. Infografika: Eksport ukrainskoi orhanichnoi produktsii u sviti (2023 rik, krainy) URL: <https://organicinfo.ua/infographics/world-import-of-ua-organic-2023/> [in Ukrainian].
4. EC (2025), EU imports of organic agri-food products, Key developments in 2024, May 2025. European Commission, DG Agriculture and Rural Development, Brussels. URL: [https://agriculture.ec.europa.eu/document/download/64db8871-85b6-483f-9dec-b94e657b399\\_en?filename=analytical-brief-7-eu-organic-imports-brief\\_en.pdf](https://agriculture.ec.europa.eu/document/download/64db8871-85b6-483f-9dec-b94e657b399_en?filename=analytical-brief-7-eu-organic-imports-brief_en.pdf) [in English].
5. Key figures on the European food chain – 2024 edition (2024). URL: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-key-figures/w/ks-01-24-000> [in English].
6. Shmyhol N., Łuczka Władysława (2022). Otsiniuvannya rozvytku orhanichnogo zemlerobstva v Ukraini ta Polshchi. *Upravlinnia zminamy ta innovatsii*, 3, 48-54. <https://doi.org/10.32782/CMI/2022-3-9> [in Ukrainian].
7. *Pro zatverdzhennia Natsionalnoi ekonomichnoi stratehii na period do 2030 roku*. (Postanova KМУ) № 179 (2021). (Iz zminamy, vnesenyzy zghidno z Postanovamy КМ № 202 vid 10.03.2021, № 369 vid 21.04.2023). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/179-2021-%D0%BF#Text> [in Ukrainian].
8. Pro Tsili staloho rozvytku Ukrainy na period do 2030 roku (Ukaz Prezydenta Ukrainy) №722 (2019). URL: <https://www.president.gov.ua/documents/7222019-29825> [in Ukrainian].
9. Hospodarenko H.M., Liubych V.V. Tsinna pshenytsia spelta. URL: <http://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/17402-tsinna-pshenytsia-spelta.html> [in Ukrainian].
10. Hospodarenko H.M., Liubych V.V. Spelta – psheynytsia, yaku obyraie svit. URL: <http://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/16503-spelta-pshenytsia-iaku-obyraie-svit.html> [in Ukrainian].
11. Alaverdian L.M., Yudicheva O.P., Romanenko O.V. (2019). Boroshno zi spelyty: vyznachennia ta obgruntuvannia tendentsii rozvytku rynku, otsinka yakosti. *Tovarnavchyi visnyk*, 12, 6–17 [in Ukrainian].
12. Organicinfo. Infografika: Eksport orhanichnoi produktsii z Ukrainy: TOP-10 eksportovanykh produktiv (svit, 2023) URL: <https://organicinfo.ua/info-graphics/top10-exported-products-world-2023/> [in Ukrainian].
13. Kaminskyi V.F. (2016). Naukovi zasady biolohichnogo zemlerobstva v umovakh zmin klimatu. *Zbirnyk naukovykh prats NNTs «Instytut zemlerobstva NAAN»*, 1, 3–15 [in Ukrainian].

14. Pysarenko V.M., Antonets A.S., Lukianenko H.V., Pysarenko P.V. (2017) Systema orhanichnoho zemlerobstva ahroekoloha Semena Antontsia. Poltava, FOP Myron I.A., 124 p. [in Ukrainian].
15. Chmel O.P., Krupoderia Yu.O., Bondar I.M. (2019) Syderatsiia yak alternatyva orhanichnym dobryvam i zasib zbilshennia produktyvnosti ahrotsenziv. *Visnyk KhNAU. Serii: «Roslynnystvo, selektsiia i nasynnystvo, plodoovochivnystvo i zberihannia», 2*, 35–44 [in Ukrainian].
16. Baliuk S.A., Nosko B.S., Shymel V.V., Yeterevska L.V., Momot H.F. (2019) Optymizatsiia zhyvlenia roslyn u systemi faktoriv efektyvnoi rodiuchosti gruntiv. *Visnyk ahrarynoi nauky*, 97 (3), 12–19. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201903-02> [in Ukrainian].
17. Pysarenko V.M., Pysarenko P.V., Pysarenko V.V., Horb O.O., Chaika T.O. (2019). Formuvannia rodiuchosti igruntiv v umovakh orhanichnoho zemlerobstva. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarynoi akademii*, 3, 85–91. DOI: <https://doi.org/10.31210/visnyk2019.03.11> [in Ukrainian].
18. Horodyska I.M., Kravchuk Yu.A. (2023). Syderatsiia — ody z chynnykiv zberezhenia rodiuchosti igruntiv v orhanichnomu zemlerobstvi. *Zbalansovane pryrodokorystuvannia*. 4, 135–144. DOI: <https://doi.org/10.33730/2310-4678.4.2023.292740> [in Ukrainian].
19. Savchuk O.I., Koshytska N. A., Hurelia V.V., Kliuchevych M.M. (2018). Vyroshchuvannia spelty ozymoi za vykorystannia preparativ biolohichnoho pokhodzhennia v umovakh Polissia. *Ahropromyslove vyrobnystvo Polissia*, II, 31–34 [in Ukrainian].
20. Zaika N.V., Karpuk L.M. (2023). Urozhainist ta yakist zerna spelty (*Triticum spelta* L.) v umovakh Lisostepu Ukrainy. *Ahrobiolohiia*, 1, 114–122 <https://doi.org/10.33245/2310-9270-2023-179-1-114-122> [in Ukrainian].
21. Korkhova M.M., Lovkina A.V. (2017). Perspektyvy vyroshchuvannia pshenytsi spelty na pivdni Ukrainy. *Molodyi vchenyi*, № 3 (43), 26–29 [in Ukrainian].
22. DSTU 4362:2004. (2006). Yakist igruntiv. Pokaznyky rodiuchosti igruntiv. (Natsionalnyi standart Ukrainy). Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy. 19 p. [in Ukrainian].
23. Yeshchenko V.O. (2014). Osnovy naukovykh doslidzen v ahronomii. Kyiv: Edelweis. 331 p. [in Ukrainian].
24. Shlyakhturova S.P., Yula V.M., Shliakhturov D.S. (2024). Osoblyvosti formuvannia produktyvnosti pshenytsi spelty ozymoi za orhanichnoho vyroshchuvannia a v Pravoberezhnomu Lisostepu. *Zemlerobstvo ta roslynnystvo: teoriia i praktyka*, 4 (14), 68–76. DOI: <https://doi.org/10.54651/agri.2024.04.08> [in Ukrainian].

### Shlyakhturova S.P., Yula V.M., Shliakhturov D.S.

#### *The influence of technological methods on the winter wheat spelt productivity elements formation under organic cultivation*

**Aim.** To determine the impact of the technological measures application on the spelt (winter) wheat formation of productivity elements features to optimize the crop organic cultivation technology, which will allow the most complete its genetic potential realization in the northern part of the Right-Bank Forest-Steppe conditions.

**Methods.** Field, laboratory, calculation, statistical. **Results.** The highest field germination rates of spelt seeds – 85% – provided the use of a biological product for seed treatment both separately and in combination with foliar application of biofertilizer at stages IV and VII of organogenesis during cultivation after green-manured fallow. This predecessor generally provided field germination 4-5% higher than grown after spring mustard for seeds. The formation and reduction of winter spelt stems had a dynamic character: a growth of 21.1-50.8% was noted from the II to IV stages of organogenesis with subsequent dying off of unproductive shoots to the IX stage by 20.6-33.3%. After green-manured fallow the number of stems in the flowering and milky ripeness phase of the grain ranged from 711-713 pcs./m<sup>2</sup> in the control to 907-910 pcs./m<sup>2</sup> in the variant of combining seed treatment and foliar-application preparations. This predecessor provided higher indicators: plant height – by 4.9–9.8%, ear length – by 5.9–10.0%, number of ear spikes – by 6.5–10.5%, grain density of the ear – by 7.6–19.8%. The use of biological products ensured an increase in field germination by 3.0-4.0%. **Conclusions.** Application of technological cultivation methods (selection of predecessor, seed-treatment and foliar-application preparations) has a significant impact on the growth, development and formation of productivity elements of spelt (winter) wheat under organic cultivation. The combination in the cultivation technology such elements as green-manured fallow, biopreparation seed treatment and biofertilizer foliar application created conditions

for the formation of spelt agrophytocenoses with maximum indicators at the IX stage of organogenesis: number of plants and productive stems – 319 pcs./m<sup>2</sup>, plant height – 108.5 cm, ear length – 10.7 cm, number of spikelets in it – 17.6 pcs., grain density of the ear – 52.3 pcs.

**Key words:** biofertilizer, biopreparation, plant height, green manure, crop structure, germination, yield.

#### ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

**Шляхтурова С.П.**, науковий співробітник відділу технологій зернових колосових культур, ННЦ «ІЗ НААН», e-mail: shlyahturova83@gmail.com, ORCID: 0000-0003-1308-2829.

**Юла В.М.**, кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, завідувач відділу технологій зернових колосових культур, ННЦ «ІЗ НААН»,

**Shlyakhturova S.P.**, Researcher, Department of Cereal Spiked Crops Technologies, NSC «Institute of Agriculture NAAS», e-mail: shlyahturova83@gmail.com, ORCID: 0000-0003-1308-2829.

**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.

**Шляхтуров Д.С.**, кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, завідувач відділу координації наукових досліджень, стандартизації та метрології, ННЦ «ІЗ НААН», e-mail: dshlyahturov@gmail.com, ORCID: 0000-0002-8896-3236 .

e-mail: tehnosntensiv@gmail.com, ORCID: 0000-0001-7298-9522.

**Shliakhturov D.S.**, Candidate of Agricultural Sciences, Head of Department of scientific research coordination, standardization and metrology, NSC «Institute of Agriculture NAAS», e-mail: dshlyahturov@gmail.com, ORCID: 0000-0002-8896-3236.

*Надійшла 20.05.2025*

## АСПЕКТИ АДАПТАЦІЇ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ ДО НЕГАТИВНИХ ЧИННИКІВ ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА ЗА ДІЇ ЗАСОБІВ ЗАХИСТУ РОСЛИН

<sup>1</sup>Б. В. Матвійчук, <sup>1</sup>Н. Г. Матвійчук, <sup>1</sup>В. З. Панчишин, <sup>2</sup>В. М. Савченко

<sup>1</sup>Житомирський державний університет імені Івана Франка (м. Житомир, Україна)

<sup>2</sup>Поліський національний університет (м. Житомир, Україна)

**Мета.** Дослідити вплив різних гербіцидів та їх комбінацій на білковий склад і ферментну активність пшениці озимої сорту Кришталева після різних попередників. **Методи.** Дослідження проводились протягом 2020–2022 рр. на чорноземах опідзолених середньосуглинкової структури. В орному шарі: гумусу – 3,1%, валового азоту – 0,18–0,19%, фосфору – 0,13–0,14%, калію – 2,0–2,1%. Обробку проводили гербіцидами: дербі (70 г/га), старане преміум (0,5 л/га), лонтрел гранд (120 г/га) і діален супер (0,8 л/га). Контролем слугувала пшениця без гербіцидів із ручним виконанням бур'янів. **Результати.** Встановлено, що більшість гербіцидів сприяли зростанню загального вмісту білка в зерні, найвищий рівень якого зафіксовано після застосування препарату гранстар (25 г/га) – на 138,4 % більше порівняно з контролем. Усі варіанти обробки зумовили зміни в поліпептидному складі зерна: виявлено 15 білкових компонентів з молекулярною масою 14,8–51,3 кДа, крім того, кількісні зміни білків спостерігались у всіх дослідних варіантах. Особливу активність виявили білки з Mr 23,04 28,9; 35,5; 42,7; 46,8 та 49,0 кДа. Фракційний склад білків також зазнав змін – найбільші зміни відзначено за внесення гербіцидів гранстар (Rf 0,50–22,4 кДа) та суміші естерон + пума супер (Rf 0,14–58,9 кДа). Паралельно оцінено ферментну активність у проростках пшениці другої генерації, де виявлено істотне зростання активності супероксиддисмутази (в 1,8–4,1 раза) та менш значні зміни активності каталази й пероксидази. Це вказує на післядію гербіцидної обробки на метаболічні процеси в наступному поколінні рослин. **Висновки.** Отримані результати свідчать, що гербіциди впливають на стійкість рослин пшениці озимої до умов навколишнього середовища, а це, своєю чергою, впливає на врожайність та, в кінцевому результаті, на вміст і якісний склад білка.

**Ключові слова:** гербіциди, білковий склад, поліпептиди, фракційний склад білків, молекулярна маса, супероксиддисмутаза, каталаза, пероксидаза, ферментна активність, якість зерна.

**Вступ.** Однією з глобальних проблем сучасності є дефіцит білка. Незважаючи на зростання валового збору зерна завдяки впровадженню у виробництво високоврожайних сортів пшениці, вміст білка в ньому істотно знизився [10; 11]. У світовому масштабі попит на продовольчу пшеницю невпинно зростає. Водночас в Україні лише 10–12 % пшениці, що вирощується, є продовольчою, тоді як решта – кормова. Підвищення виробництва високоякісної пшениці є важливим завданням державного рівня [12].

У сучасному землеробстві спостерігається інтенсивне зростання об'ємів застосування комплексних препаратів захисту рослин, зокрема гербіцидів.

Галузь захисту рослин у світі є однією з найбільш розвинутих [17]. Гербіциди дають можливість одержати значну кількість додаткової продукції, підвищити економічну ефективність обробки пшениці озимої. Виробники гербіцидних препаратів акцентують увагу на відсутності токсичного ефекту під час їх застосування на сільськогосподарські культури. Однак, за їх внесення на посівах сільськогосподарських культур, зокрема пшениці вони можуть чинити неспрямований стрес на саму культуру, змінюючи метаболічні процеси, зокрема білковий обмін.

Зміни у поліпептидному складі зерна пшениці озимої під впливом гербіцидів – це досить специфічна тема,

пов'язана з впливом хімічних засобів захисту рослин на білковий склад зерна. Гербіциди можуть впливати на експресію генів, які кодують білки в зерні пшениці. Це призводить до зміни співвідношення і кількості основних білкових фракцій (глютенінів, гліадинів тощо). Під впливом стресу, спричиненого гербіцидами, може знижуватися синтез певних білків, особливо складних структурних поліпептидів, що формують глютен, що насамперед негативно впливатиме на якість борошна. Також гербіциди здатні викликати зміну амінокислотного профілю білків, що може впливати на поживність зерна. Під їх дією в рослині активуються стресові механізми, які можуть призводити до синтезу білків захисного типу (теплошоківі білки, детоксикаційні білки). В деяких випадках їх застосування здатне зумовити зниження загального вмісту білка в зерні через пригнічення метаболізму рослини [15].

У дослідженнях, як правило, вивчається стан чисельності бур'янів, а реакція культурних рослин на дію гербіцидів при цьому враховується недостатньо і фрагментарно [7; 8].

Проблема впливу гербіцидів на онтогенез культурних рослин, зокрема пшениці озимої, досліджена не достатньо і потребує більш глибокого аналізу.

**Мета.** Дослідити вплив різних гербіцидів та їх комбінацій на білковий склад і ферментну активність пшениці озимої сорту Кришталева після різних попередників.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Хоча пестициди сприяють збереженню врожаю, вони можуть впливати на хімічний склад і якість зерна. Їхня дія на вміст білка та інші якісні показники залежить насамперед від хімічної природи препарату. Причому ступінь впливу одного й того самого засобу обумовлюється чинниками, що впливають на врожайність культури [9]. Тому ключовими вимогами до засобів захисту рослин є не лише їх технічна ефективність та екологічна безпечність, а й збереження якості врожаю.

Дослідження багатьох вчених підтверджують, що гербіциди діють на якісні характеристики зерна. Так, згідно з результатами досліджень, проведених Шкатулою Ю.М. та Мандриком Ю.Ю. у Вінницькому національному аграрному університеті, застосування гербіцидів сприяє не лише зниженню забур'яненості посівів, а й впливає на агрономічні та якісні показники зерна пшениці озимої – зокрема, підвищується вміст білка й клейковини, покращується натура зерна [18]. У низці досліджень встановлено, що за дії цих фізіологічно-активних речовин на культури відбуваються

зміни окисно-відновного метаболізму клітин, зокрема активності антиоксидантних ферментів [5; 14–16], зниження мітотичної активності меристем коренів і хромосомні аберації [7], зниження життєздатності пилку [13], схожості та енергії проростання насіння [5; 16], пригнічення ростових процесів і, як наслідок – падіння насінневої продукції рослин [16].

Зниження врожайності посівів пшениці корелює з накопиченням залишкових кількостей гербіцидів у стиглому зерні культури. Ксенобіотики, змінюючи фотосинтез, впливають на спряжені метаболічні процеси, і передусім на білковий обмін і поліпептидний склад розчинних білків [7; 15]. У відповідь на абіотичні, біотичні та антропогенні чинники синтезується специфічний набір стресових білків [5; 15; 16].

Різні гербіциди не однаково впливають на вміст білка у зерні пшениці. Так, у дослідженнях за вирощування трьох сортів пшениці Селкірк, Маніту та Пембіна застосовували гербіциди 2,4-D, бромоксиніл і піклорам у фазі 4 листків. Експерименти проводили у випадковій блочній структурі. 2,4-D і піклорам продемонстрували низьку концентрацію стимуляції та значне підвищення врожайності сорту Селкірк. Маніту та Пембіна не показали певних тенденцій із цими двома гербіцидами. Бромоксиніл знизив урожай у всіх сортів пшениці, бо це єдиний гербіцид, який підвищував відсоток білка у всіх трьох сортах. Спостерігалось зворотне співвідношення між відсотком білка та врожаєм у сортів Selkirk, Manitou та Pembina оброблених Бромоксинілом. Обробка пшениці гербіцидом 2,4-D знижувала вміст білка у зерні приблизно на 10–15%, тоді як Бромоксиніл підвищував його на 5–7% [2].

У дослідженнях, де вивчали дію післясходових гербіцидів на вміст амінокислот у різних сортах пшениці *Triticum aestivum* L. виявили значні зміни в амінокислотному складі зерна, що свідчить про вплив гербіцидів на білковий обмін рослини [1]. Під час дослідження впливу сульфонілсечовинних гербіцидів на вміст білка та антиоксидантну активність у пшениці в напівпосушливому регіоні результати показали, що застосування гербіцидів може впливати на вміст білка та антиоксидантну активність у зерні пшениці [4].

Результати досліджень щодо дії передзбирального внесення гліфосату на хімічний склад білків пшениці засвідчили, що амінокислотний склад і вторинна структура білків залишалися незмінними. Водночас спостерігалось зниження їх молекулярної маси, що

**Таблиця 1.** Зміни вмісту загального білка у зерні пшениці озимої (сорт Кришталева) за дії гербіцидів, середнє за 2020 – 2022 рр.

Показники	Варіант обробки				
	Контроль (без гербіцидів)	Гранстар – 25 г/га	Гранстар + + голд (18 г/га) + + Естерон (0,6 л/га)	Гроділ Максі (100 мл/га)	Естерон – (0,8 л/га) + + Пума Супер (0,8 л/га)
Вміст білка, мг/г	6,72 ± 0,06	9,29 ± 0,07	8,69 ± 0,09	6,55 ± 0,05	7,33 ± 0,06
% до контролю	–	138,4	129,4	97,5	109,1

потенційно може впливати на функціональні властивості білків [3].

Перспективним напрямом є поєднане використання гербіцидів із регуляторами росту рослин (РРР), що дає змогу повністю реалізувати потенціал сорту, зменшити норми використання хімікатів та знизити їх негативну дію на довкілля [10; 11].

Отримані дані свідчать про складний і неоднозначний вплив гербіцидів на фізіолого-біохімічні показники рослин, зокрема на білковий обмін та репродуктивну здатність. Враховуючи різноманітність механізмів дії препаратів, відмінності між культурами та вплив екологічних умов, існує потреба у подальших комплексних дослідженнях. Особливу увагу слід приділити вивченню довготривалих ефектів гербіцидів, впливу сублетальних доз, а також можливості використання регуляторів росту для зменшення негативних наслідків хімічного стресу.

**Матеріали та методи досліджень.** Об'єктом наших досліджень було стигле зерно пшениці сорту Кришталева, яке одержали в польових експериментах, проведених у 2020–2022 рр. у СФГ «Енеїда» Любарського р-ну, попередники – кукурудза та люцерна. Грунтовий покрив на дослідних ділянках – опідзолений чорнозем середньосуглинкової текстури. В орному шарі вміст гумусу становить 3,1%, валового азоту – 0,18–0,19, фосфору – 0,13–0,14, калію – 2,0–2,1%. Обробку ділянок проводили препаратами дербі (70 г/га), старане преміум (0,5 л/га), лонтрел гранд (120 г/га) та діален супер (0,8 л/га). За контрольний варіант брали насіння пшениці, вирощене без гербіцидної обробки, з ручним викопуванням бур'янів. Посівна площа ділянок у досліді становила 115 м<sup>2</sup>, а збиральна – 42 м<sup>2</sup> за триразової повторності. Всі лабораторні дослідження проводили згідно з чинними методиками та ДСТУ у сертифікованій лабораторії. Статистичну та математичну обробку експериментальних даних виконували за

допомогою стандартного пакета Microsoft Statistika 6,0, розбіжності між вибірками при цьому вважали значущими за  $p \leq 0,05$ .

**Результати та їх обговорення.** За дії гербіцидів вміст білків у стиглого зерна пшениці може змінюватися. Деякі гербіциди здатні незначно знижувати вміст білка, а інші – навпаки, підвищувати його, порівнюючи з контролем [3; 14; 18].

Порівняльний аналіз вмісту загального білка у стиглому зерні пшениці озимої впродовж 2020–2022 рр. виявив помітні відмінності (табл. 1). За дії більшості гербіцидних препаратів виявлено підвищення цього показника. Найбільший вміст білка (138,4% вище за контроль) відзначений за дії гербіциду гранстар (25 г/га). Обробка посівів гербіцидом гроділ максі (100 мл/га) спричиняла неістотне зменшення вмісту загального білка порівняно з контролем.

Паралельно із вмістом білка у насінні пшениці було досліджено його якісний склад, і загалом у контрольних та дослідних зразках виявлено 15 білкових компонентів з молекулярною масою ( $M_r$ ) від 14,8 до 51,3 кДа. Встановлено, що активні зміни у поліпептидному складі насіння пшениці відмічались в усіх розглянутих варіантах гербіцидної обробки (табл. 2).

За дії гербіциду гранстар (25 г/га) встановлено підвищення вмісту білкових компонентів з  $M_r$  23,0 та 49,0 кДа (відповідно, на 37 і 63% порівняно з контролем). За впливу суміші гранстар (18 г/га) + естерон (0,6 л/га) виявлено збільшення вмісту компонентів з  $M_r$  23,0, 28,9, 42,7 та 46,8 кДа. Гроділ максі (100 мл/га) викликав підвищення вмісту поліпептидів з молекулярними масами в області середніх значень (42,7, 49,0 та 51,3 кДа). За сумісної дії гербіцидів естерон (0,8 л/га) + пума супер (0,8 л/га) відбувалось підвищення вмісту компонентів з  $M_r$  28,9, 35,5 та 46,8 кДа. Для поліпептидів з  $M_r$  14,8, 15,2 (крім дії гроділ максі – 100 мл/га) та 20,0 кДа визначено стабільне збільшення вмісту в дослідних зразках порівняно з контролем.

Таблиця 2. Зміни вмісту білків стиглого зерна пшениці (сорт Кришталева) за дії гербіцидів, середнє за 2020 – 2022 рр., %

Мол. маса (M <sub>r</sub> ), кДа	Вміст білкових компонентів, %				
	Контроль (без гербіцидів)	Гранстар – 25 г/га	Гранстар + голд (18 г/га) + Естерон (0,6 л/га)	Гроділ Максї (100 мл/га)	Естерон – (0,8 л/га) + Пума Супер (0,8 л/га)
51,3	2,91	2,16	2,15	5,17	2,47
49,0	17,54	28,59	13,98	19,41	15,76
46,8	3,56	2,34	3,74	3,37	3,67
42,7	7,97	6,40	9,19	8,23	2,13
40,8	0,99	0,34	0,52	0,84	0,55
38,9	1,98	0,32	2,54	2,09	2,21
37,2	0,87	0,74	0,46	0,48	0,50
35,5	4,23	2,58	4,20	4,16	4,58
30,9	3,45	2,41	3,21	2,67	2,92
29,5	1,74	2,04	1,57	1,27	1,75
28,9	8,76	6,63	9,55	7,55	11,37
27,0	1,21	2,53	3,08	2,48	2,51
23,0	3,09	4,23	4,11	2,31	1,00
21,4	1,50	1,71	1,64	2,68	1,51
20,0	1,83	2,69	2,73	2,38	2,09
17,8	17,54	10,36	16,16	16,30	18,13
17,0	12,30	8,23	8,09	9,03	10,73
16,6	0,15	0,21	0,15	0,17	0,20
15,9	0,85	2,15	0,81	1,71	1,54
15,2	6,78	8,76	7,70	5,08	10,12
14,8	0,75	4,58	4,43	2,63	4,26

Дослідження інших науковців також підтверджують, що застосування післясходових гербіцидів призводить до значних змін в амінокислотному складі та загальному вмісті білка у зерні пшениці. Це пов'язано з пригніченням фотосинтезу та змінами у метаболізмі рослини [1].

За всіх досліджених варіантів гербіцидної обробки визначено стабільне зниження вмісту білкових компонентів із молекулярними масами 17,0, 17,8 та 30,9 кДа. За впливу сумішки гербіцидів естерон + пума супер (по 0,8 л/га) виявлено підвищення вмісту поліпептиду з M<sub>r</sub> 35,5 кДа на фоні зниження його вмісту в інших варіантах обробки. Тому, впродовж 2020 – 2022 рр. у зерні пшениці за дії всіх досліджених гербіцидів визначено різнобічні зміни вмісту білкових компонентів порівняно з контрольним зерном.

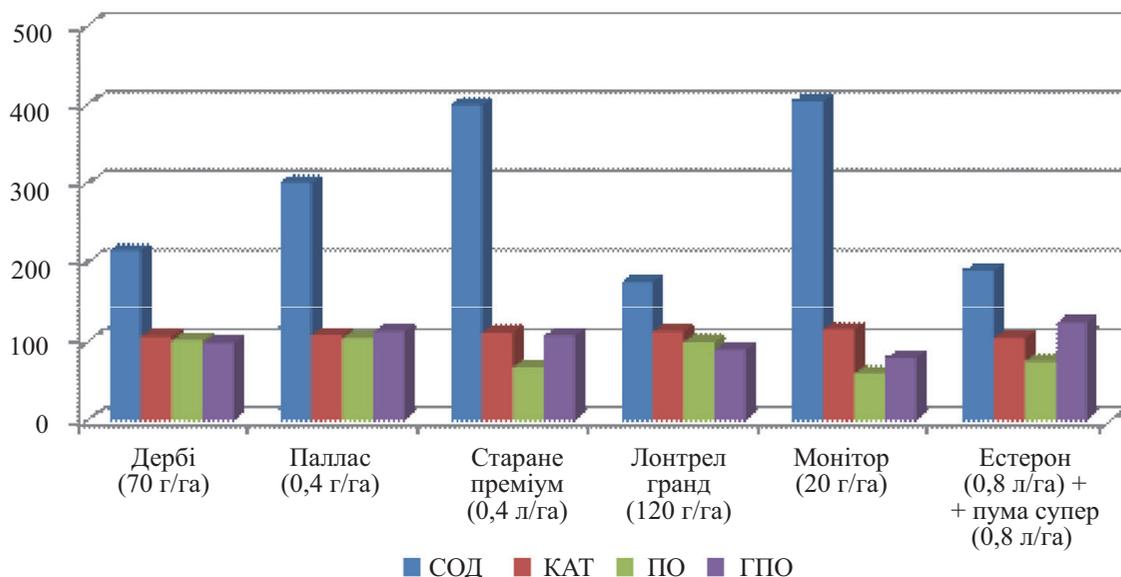
Рослинні організми реагують на дію різноманітних стресових чинників змінами в експресії білків [6]. У результаті проведених досліджень у поліпептидному

складі зерна пшениці озимої під впливом гербіцидів не знайдено якісних перебудов, проте виявлено кількісні зміни зі збільшенням вмісту розчинних білків у зонах з молекулярними масами 14,8 кДа, 16,6 кДа, 20,0 кДа, 21,4 кДа, 27,0 кДа, 21,4 кДа та ін.

Аналіз даних, представлених на рис. свідчить, що за внесення гербіциду гранстар у дозі 25 г/га найбільший фракційний склад сумарних білків відмічали за Rf 0,50 – 22,4 кДа. За дії сумішки гранстар голд (18 г/га) + естерон (0,6 л/га) відмічали збільшення складу сумарних білків за Rf 0,14 – відповідно 58,9 кДа.

У варіантах застосування гроділу максї у дозі 100 мл/га фракційний склад сумарних білків взагалі було зафіксовано лише у 6 компонентах, а найбільшим останній виявився за Rf 0,55 – 20,0 кДа.

Паралельно проводили дослідження з визначення фракційного складу сумарних білків насіння пшениці озимої за дії різних гербіцидів та на контрольному варіанті.



*Активність ферментів (% до контролю) супероксиддисмутази (СОД), каталази (КАТ), пероксидази (ПО) та глутатіон-пероксидази (ГПО) у листках 10-добових необроблених проростків пшениці озимої (сорт Кришталева), вирощених з насіння материнських рослин, оброблених гербицидами в агроценозі*

За внесення бакової суміші гербицидів естерон + пума супер (0,8 л/га) відмічали збільшення фракційного складу сумарних білків за (Rf 0,14) – 58,9 кДа.

Найбільш істотних змін зазнав рівень активності супероксиддисмутази в усіх досліджених проростках культури (в 1,8 – 4,1 рази більше, ніж у контрольних зразках), що прямо вказує на інтенсифіковані процеси дисмутації супероксидних аніонів із подальшим утворенням перекису водню у клітинах паростків пшениці озимої. Тобто, у необроблених рослинах пшениці озимої другої генерації виявлено ознаки потужної активації початкової ланки антиоксидантної ферментної системи, що свідчить про післядію гербицидної обробки материнських рослин в агроценозі.

Щодо змін активності ферментів, які знешкоджують перекис водню, то в проростках пшениці озимої сорту Кришталева вони виявилися набагато менш

значними. Так, активність каталази у листках дослідних проростків зростала порівняно з контрольними рослинами у середньому на 9 – 13%, найбільшим чином внаслідок ефекту післядії препарату старане преміум (0,5 л/га) та бакової сумішки гербицидів естерон (0,8 л/га) + пума супер (0,8 л/га).

Пероксидазна активність у листках паростків пшениці озимої перебільшувала контрольні показники на 7,6% тільки у варіанті, де для обробки материнських рослин застосували паллас у дозі 0,4 л/га. Обробка посівів пшениці озимої гербицидом дербі (70 г/га) не позначилась на рівні пероксидазної активності у рослин другої генерації. У всіх інших варіантах післядії гербицидної обробки призвела до зниження активності ферменту на 12 – 34% порівняно з контрольними зразками.

Аналіз даних, що представлений у табл. 3 засвідчує, що обробка посівів пшениці озимої різними

**Таблиця 3. Вплив гербицидів на масу 1000 зерен та вміст загального білка стиглого зерна пшениці озимої (сорт Кришталева), середнє за 2020–2022 рр.**

№ п/п	Варіант досліджу	Маса 1000 зерен, г	До контролю, %	Вміст білка, г/100 г зерна	До контролю, %
1	Контроль (без гербицидів)	30,60	–	1,8±0,004	–
2	Гранстар – 25 г/га	31,94	104,4	2,0±0,005	111,1
3	Гранстар голд – 18 г/га + + естерон – 0,6 л/га	31,88	104,2	1,9±0,008	105,5
4	Гроділ максі – 100 мл/га	32,12	104,9	2,0±0,007	111,1
5	Естерон – 0,8 л/га + + пума супер – 0,8 л/га	32,27	105,4	2,1±0,006	116,7

гербіцидами спричиняє у підсумку деяке збільшення ваги насіння та вмісту білка порівняно з контрольним варіантом (без гербіцидів).

Стосовно вмісту білка (г/100 г) у розмеленому зерні культури, то найбільше його виявилось на контрольних ділянках (без гербіцидів) та у варіантах внесення гербіциду лонтрел гранд – 120 г/га та діален супер – 0,8 л/га – по 1,8 г/100 г.

Узагальнюючи дані, можна стверджувати, що гербіциди самі по собі не впливають на вміст білка в зерні пшениці, але можуть позначитись на загальному стані рослини, а також і на врожайність та, в кінцевому рахунку, на вміст білка.

## Висновки

У результаті досліджень, проведених у 2020–2022 рр., встановлено, що гербіциди чинять різноспрямований вплив на вміст загального білка в зерні пшениці озимої сорту Кришталева. Найбільше зростання цього показника зафіксовано після внесення препарату гранстар (25 г/га), де вміст білка перевищив контрольні значення на 138,4%.

Поліпептидний аналіз виявив 15 білкових компонентів із молекулярною масою від 14,8 до 51,3 кДа, до того ж у всіх варіантах гербіцидної обробки спостерігались кількісні зміни білкових фракцій без якісних перебудов. Зокрема, стабільне підвищення вмісту виявлено для білків з Mr 14,8; 15,2; 20,0; 23,0; 28,9; 35,5; 42,7, 46,8, 49,0 та 51,3 кДа.

Фракційний склад сумарних білків зазнав помітних змін під дією гербіцидів. Найбільше накопичення білкових фракцій спостерігалось за внесення гранстар (Rf 0,50 – 22,4 кДа) та суміші естерон + пума супер (Rf 0,14 – 58,9 кДа), що свідчить про вплив препаратів на білковий склад зерна.

У листках паростків пшениці озимої, що вирощені з насіння, яке було зібране в оброблених різними гербіцидами агроценозах, спостерігали досить інтенсивне функціонування різних ланок антиоксидантного захисту (глутатіон-пероксидаза, каталаза, супероксиддисмутаза), а також уповільнене накопичення продуктів пероксидного окислення ліпідів.

Вплив досліджених гербіцидів не спричинив появи нових компонентів в електрофоретичному спектрі білків насіння пшениці, однак викликав інтенсифікацію біосинтезу існуючих білкових компонентів. Такі зміни характерні для посилення захисних властивостей рослин, які зумовлені впливом середовища протягом онтогенезу. Виявлені у стиглому насінні пшениці озимої комплексні зміни поліпептидного складу розчинних білків – результат відновлення та підтримання гомеостазу рослинного організму за стресового впливу гербіцидних препаратів.

Кореляційний зв'язок рівнів активності СОД, КАТ, ПО у листках дослідних паростків знижувався більшою мірою внаслідок післядії полікомпонентних препаратів та обробки баковою сумішкою, в той час як накопичення пероксидів ліпідів залишалось досить істотним.

У проростках другого покоління визначено значне зростання активності супероксиддисмутази (в 1,8–4,1 раза), що свідчить про інтенсифікацію антиоксидантного захисту у відповідь на післядію гербіцидів. До того ж активність каталази та пероксидази змінилася меншою мірою, з незначним підвищенням або зниженням залежно від гербіцидного варіанта.

Обробка гербіцидами також вплинула на масу 1000 зерен, загальний вміст розчинних білків та вміст білка в розмеленому зерні, що вказує на загальне поліпшення якості зерна у більшості варіантів.

Отримані результати підтверджують, що гербіцидне навантаження на пшеницю озиму впливає не лише на кількісні характеристики врожаю, а й на якісні та біохімічні параметри насіння, включаючи білковий склад і ферментну активність наступного покоління рослин.

Для глибшого розуміння дії гербіцидів на поліпептидний склад зерна пшениці озимої в перспективі необхідно провести додаткові дослідження, визначити механізми, через які гербіциди впливають на білковий склад зерна. Також необхідно вивчити, як застосування гербіцидів на різних стадіях розвитку рослини впливає на білковий склад зерна.

## ЛІТЕРАТУРА

- Ahmed E. El-Sobki, Ahmed M. Saad, Mohamed T. El-Saadony, Amira M. El-Tahan, Ayman E. Taha, Bandar S. Aljuaid, Ahmed M. El-Shehawi, Rehab E.M.E. Salem a Fluctuation in amino acids content in *Triticum aestivum* L. cultivars as an indicator on the impact of post-emergence herbicides in controlling weeds. *Saudi Journal of Biological Sciences*. 2021. 28(11). P. 6332–6338 . DOI: 10.1016/j.sjbs.2021.06.097.
- Desai P.D. Effect of herbicides on proteins in spring wheat». University of British Columbia, 1969. DOI: 10.14288/1.0102104.

3. Johnson B.L., Anderson J.A., Keeling D.J.H. Effects of pre-harvest glyphosate use on protein composition and shikimic acid accumulation in spring wheat. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2020. 68 (25). P. 6942–6950. DOI: 10.1021/acs.jafc.0c02276.
4. Mohamed T. El-Saadony, Ahmed M. El-Shehawi, Amira M. El-Tahan, Ayman E. Taha, Bandar S. Aljuaid, Rehab E.M.E. Salem. Effects of Sulfonylurea Herbicides on Protein Content and Antioxidants Activity in Wheat in Semi-Arid Region. *International Journal of Advanced Engineering, Management and Science*. 2016. 2 (4). P. 292–298. DOI: 10.22161/ijaems.2.4.6.
5. Більчук В.С., Россихіна Г.С., Ткаліч Ю.І. Фізіолого-морфологічні особливості репродуктивних органів озимої пшениці за дії гербіцидів різних класів. *Наук. вісник МДУ ім. В.О. Сухомлинського*. 2009. Вип. 24. С. 21–23.
6. Біологічні основи інтегрованої дії гербіцидів і регуляторів росту рослин. Карпенко В.П., Грицаєнко З.М., Притуляк Р.М. [та ін.] ; за ред. В.П. Карпенка. Умань: Видавець „Сочінський”, 2012. 357 с.
7. Богуславська Л.В., Вінниченко О.М., Варданян С.В. Реакція білкової системи зони розтягу коренів кукурудзи на дію ксенобіотиків. *Наук. вісн. МДУ ім. В.О. Сухомлинського*. 2009. Вип. 24, № 4 (1). С. 35–38.
8. Богуславська Л.В., Шупранова Л.В., Садоха О.В. Особливості цитогенетичних показників апікальної кореневої меристеми кукурудзи за дії хімічних агентів. *Наук. вісн. МДУ ім. В.О. Сухомлинського*. 2009. Вип. 24 (1). С. 32–35.
9. Гойстер О.С., Дзядевич С.В., Мінченко О.Г. Застосування сучасних біосенсорних технологій в еко-токсикологічному моніторингу деяких токсикантів природного (мікотоксини) та антропогенного (пестициди) походження. *Біосенсори*. 2013. 10 (4). С. 40–59. DOI: <https://doi.org/10.18524/1815-7459.2013.4.110704>.
10. Карпенко В.П., Притуляк Р.М. Урожайність і якість зерна тритикале озимого за дії гербіцидів та їх бакових сумішей з регулятором росту. *Збірник наук. пр. Переяслав-Хмельницький*, 2015. 1(1). С. 117–119.
11. Карпенко В.П., Притуляк Р.М., Чернега А.О. Вміст білка і клейковини у зерні тритикале озимого за використання біологічно активних речовин. *Збірник наукових праць Уманського НУС*. Умань, 2013. Вип. 82. С. 14–19.
12. Ларченко К.А., Моргун Б.В. Ознаки якості зерна пшениці та методи їх поліпшення. *Фізіологія і біохімія культурних рослин*. 2010. 42 (6). С. 463–474.
13. Огінова І.О. Адаптивні реакції репродуктивної сфери сорго до дії гербіцидів. *Вісн. Дніпропетр. ун-ту. Біологія. Екологія*. 2006. 3(1). С. 135–140.
14. Россихіна Г.С. Особливості впливу гербіцидної обробки на процеси перекисного окислення. *Наук. вісн. Ужгород. ун-ту. Біологія*. 2006. Вип. 18. С. 76–79.
15. Россихіна Г.С., Лашко В.В. Активність ферментів переамінування в стиглому зерні рослин гібридної кукурудзи за дії гербіцидних препаратів. *Вісн. Львів. ун-ту. Сер.: Біологія*. 2011. Вип. 56. С. 234–238.
16. Хромих Н.О., Россихіна Г.С., Лашко В.В. Вплив гербіцидів нового покоління на фізіолого-біохімічні показники кукурудзи. *Вісник ХНАУ. Сер.: Біологія*. 2011. Вип. 3. С. 50–55.
17. Швартау В.В. Регуляція активності гербіцидів за допомогою хімічних сполук. Київ: Логос, 2003. 267 с.
18. Шкатула Ю.М., Мандрик Ю.Ю. Формування урожайності зерна пшениці озимої залежно від хімічних заходів. *Аграрні інновації*. 2024. № 26. С. 132–137. DOI: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.26.19>.

## REFERENCES

1. Ahmed E. El-Sobki, Ahmed M. Saad, Mohamed T. El-Saadony, Amira M. El-Tahan, Ayman E. Taha, Bandar S. Aljuaid, Ahmed M. El-Shehawi, Rehab E.M.E. Salem. (2021). Fluctuation in amino acids content in *Triticum aestivum* L. cultivars as an indicator on the impact of post-emergence herbicides in controlling weeds. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 28 (11), 6332–6338. DOI: 10.1016/j.sjbs.2021.06.097. [in English].
2. Desai P.D. (1969). Effect of herbicides on proteins in spring wheat. University of British Columbia. DOI: 10.14288/1.0102104 [in English].
3. Johnson B.L., Anderson J.A., Keeling D.J.H. (2020). Effects of pre-harvest glyphosate use on protein composition and shikimic acid accumulation in spring wheat. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 68(25), 6942–6950. DOI: 10.1021/acs.jafc.0c02276 [in English].
4. Mohamed T. El-Saadony, Ahmed M. El-Shehawi, Amira M. El-Tahan, Ayman E. Taha, Bandar S. Aljuaid, Rehab E.M.E. Salem.(2016). Effects of Sulfonylurea Herbicides on Protein Content and Antioxidants Activity in Wheat in Semi-Arid Region. *International Journal of Advanced Engineering,*

- Management and Science*, 2(4), 292–298. DOI: 10.22161/ijaems.2.4.6 [in English].
5. Bilchuk V.S., Rossykhina H.S., Tklich Yu.I. (2009). Fiziolo-ho-morfolohichni osoblyvosti reproduktyvnykh orhaniv ozymoї pshenytsi za dii herbitysydiv riznykh klasiv [Physiological and morphological features of reproductive organs of winter wheat under the action of herbicides of different classes]. *Nauk. visnyk MDU im. V.O. Sukhomlynskoho – Scientific Bulletin of Moscow State University named after V.O. Sukhomlynsky*, 24, 21–23 [in Ukrainian].
  6. Biolo-hichni osnovy intehrovanoi dii herbitysydiv i rehuliatoriv rostu roslyn [Biological basis of integrated action of herbicides and plant growth regulators]. Karpenko V. P., Hrytsaienko Z.M., Prytuliak R.M. [ta in. ] ; za red. V. P. Karpenka (2012). Uman: Vydavets „Sochynskyi” [Publisher «Sochinsky»]. 357 p. [in Ukrainian].
  7. Bohuslavsk L.V., Vinnychenko O.M., Vardanyn S.V. (2009). Reaktsiia bilkovoї systemy zony rostiagu koreniv kukurudzy na diiu ksenobiotykyv [The reaction of the protein system of the tension zone of corn roots to the action of xenobiotics]. *Nauk. visn. MDU im. V.O. Sukhomlynskoho – Scientific Bulletin of Moscow State University named after V.O. Sukhomlynsky*, 24, 4 (1), 35–38 [in Ukrainian].
  8. Bohuslavsk L.V., Shupranova L.V., Sadoha O.V. (2009). Osoblyvosti tsytohenetychnykh pokaznykyv apikalnoi korenevoi merystemy kukurudzy za dii khimichnykh ahentiv [Peculiarities of cytogenetic indicators of the apical root meristem of corn under the action of chemical agents]. *Nauk. visn. MDU im. V.O. Sukhomlynskoho – Scientific Bulletin of Moscow State University named after V.O. Sukhomlynsky*, 24 (1), 32–35 [in Ukrainian].
  9. Hoister O.S., Dziadevych S.V., Minchenko O.H. (2013). Zastosuvannya suchasnykh biosensornykh tekhnolohii v ekotoksykologichnomu monitorynhu deiaknykh toksykantiv pryrodnoho (mikotoksyny) ta antropohenoho (pestytsydy) pokhodzhennia [Application of modern biosensor technologies in ecotoxicological monitoring of some toxicants of natural (mycotoxins) and anthropogenic (pesticides) origin]. *Biosensory – Biosensors*, 10(4), 40–59. DOI: <https://doi.org/10.18524/1815-7459.2013.4.110704> [in Ukrainian].
  10. Karpenko V.P., Prytulyak R.M. (2015). Urozhainist i yakist zerna trytykale ozymoho za dii herbitysydiv ta yikh bakovykh sumishei z rehuliatorom rostu [Yield and quality of winter triticale grain under the action of herbicides and their tank mixtures with a growth regulator]. *Zbirnyk naukovykh prats. Pereiaslav-Khmelnytskyi – Collection of scientific works of the Pereiaslav-Khmelnytskyi*, 1 (1), 117–119 [in Ukrainian].
  11. Karpenko V.P., Prytuliak R.M., Cherneha A.O. (2013). Vmist bilka i kleikovyny u zerni trytykale ozymoho za vykorystannia biolo-hichno aktyvnykh rehovyn [Protein and gluten content in winter triticale grain using biologically active substances]. *Zbirnyk naukovykh prats Umanskoho NUS – Collection of scientific works of Uman NUS*, 82, 14–19 [in Ukrainian].
  12. Larchenko K.A., Morhun B.V. (2010). Oznaky yakosti zerna pshenytsi ta metody yikh polipshennia [Characteristics of wheat grain quality and methods of their improvement]. *Fiziolo-hiia i biokhimiia kul'turnykh roslyn – Physiology and biochemistry of cultivated plants*, 42(6), 463–474 [in Ukrainian].
  13. Ohinova I.O. (2006). Adaptivni reaktsii reproduktyvnoi sfery sorho do dii herbitysydiv [Adaptive reactions of the reproductive sphere of sorghum to the action of herbicides]. *Visn. Dnipropetr. un-tu. Biolo-hiia. Ekologiia – Visn. Dnipropetrovsk University. Biology. Ecology*, 3(1), 135–140 [in Ukrainian].
  14. Rossykhina H.S. (2006). Osoblyvosti vplyvu herbitydnoi obrobky na protsesy perekysnoho okyslennia [Peculiarities of the influence of herbicide treatment on peroxidation processes]. *Nauk. visn. Uzhhorod. un-tu. Biolo-hiia – Scientific Bulletin of Uzhhorod University. Biology*, 18, 76–79 [in Ukrainian].
  15. Rossykhina H.S., Lashko V.V. (2011). Aktyvnist fermentiv pereaminuvannia v stihlomu zerni roslyn hybridnoi kukurudzy za dii herbitysydivnykh preparativ [Activity of transamination enzymes in ripe grain of hybrid corn plants under the action of herbicides]. *Visn. Lviv. un-tu. Serii biol – Visn. Lviv. Univ. Series Biol.*, 56, 234–238 [in Ukrainian].
  16. Khromykh N.O., Rossykhina H.S., Lashko V.V. (2011). Vplyv herbitysydiv novoho pokolinnia na fiziolo-ho-bikhemichni pokaznyky kukurudzy [The influence of new generation herbicides on physiological and biochemical parameters of corn]. *Visnyk KhNAU. Serii Biolo-hiia – Bulletin of the KhNAU. Biology Series*, 3, 50–55 [in Ukrainian].
  17. Shvartau V.V. (2003). Rehuliatyia aktyvnosti herbitysydiv za dopomohoiu khimichnykh spoluk [Regulation of herbicide activity using chemical compounds]. Kyiv. 267 p. [in Ukrainian].
  18. Shkatula Yu.M., Mandryk Yu.Yu. (2024). Formuvannia urozhainosti zerna pshenytsi ozymoї zalezho vid khimichnykh zakhodiv [Formation of winter wheat grain yield depending on chemical measures]. *Ahrarni innovatsii – Agrarian innovations*, 26, 132–137. DOI: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.26.19> [in Ukrainian].

**Matviichuk B.V., Matviichuk N.H., Panchyshyn V.Z., Savchenko V.M.**

*Aspects of adaptation of winter wheat to negative factors of the natural environment under the action of plant protection measures*

**Aim.** To investigate the effect of various herbicides and their combinations on the protein composition and enzyme activity of winter wheat of the “Kryshtaleva” variety after various predecessors. **Methods.** The studies were conducted during 2020–2022 on podzolized chernozems of medium loamy structure. In the arable layer: humus – 3.1%, gross nitrogen – 0.18–0.19%, phosphorus – 0.13–0.14%, potassium – 2.0–2.1%. Treatment was carried out with herbicides: Derby (70 g/ha), Starane Premium (0.5 l/ha), Lontrel Grand (120 g/ha) and Dialen Super (0.8 l/ha). Wheat without herbicides with manual weeding served as the control. **Results.** It was found that most herbicides contributed to an increase in the total protein content in grain, the highest level of which was recorded after the use of the drug Granstar (25 g/ha) – 138.4% more compared to the control. All treatment options caused changes in the polypeptide composition of the grain: 15 protein components with a molecular weight of 14.8–51.3 kDa were identified, while quantitative changes in proteins were observed in all experimental options. Proteins with Mr 23.04, 28.9, 35.5, 42.7, 46.8 and 49.0 kDa showed particular activity. The fractional composition of proteins also underwent changes – the largest changes were noted with the application of herbicides Granstar (Rf 0.50 – 22.4 kDa) and the mixture of Esterone + Puma Super (Rf 0.14 – 58.9 kDa). In parallel, enzyme activity was assessed in second-generation wheat seedlings, where a significant increase in superoxide dismutase activity (by 1.8–4.1 times) and less significant changes in catalase and peroxidase activity were detected. This indicates the after-effect of herbicide treatment on metabolic processes in the next generation of plants. **Conclusions.** The results obtained indicate that herbicides affect the resistance of winter wheat plants to environmental conditions, which in turn affects yield and, ultimately, the content and qualitative composition of protein.

**Key words:** herbicides, protein composition, polypeptides, fractional analysis of proteins, molecular weight, superoxide dismutase, catalase, peroxidase, enzyme activity, grain quality.

**ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ**

**Матвійчук Б.В.**, кандидат сільськогосподарських наук, доцент, доцент кафедри ботаніки, біоресурсів та збереження біорізноманіття, Житомирський державний університет імені Івана Франка, e-mail: bogdanmatviychuk@ukr.net, ORCID: 0000-0002-7872-2420.

**Матвійчук Н.Г.**, кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри ботаніки, біоресурсів та збереження біорізноманіття, Житомирський державний університет імені Івана Франка, e-mail: natamatviychuk400@ukr.net, ORCID: 0000-0003-2226-814X.

**Matviichuk B.V.**, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Botany, Bioresources and Biodiversity Conservation, Zhytomyr Ivan Franko State University, e-mail: bogdanmatviychuk@ukr.net, ORCID: 0000-0002-7872-2420.

**Matviichuk N.H.**, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Botany, Bioresources and Biodiversity Conservation, Zhytomyr Ivan Franko State University, e-mail: natamatviychuk400@ukr.net, ORCID: 0000-0003-2226-814X.

**Панчишин В.З.**, кандидат сільськогосподарських наук, доцент, доцент кафедри ботаніки, біоресурсів та збереження біорізноманіття, Житомирський державний університет імені Івана Франка, e-mail: panch22@ukr.net, ORCID: 0000-0001-5256-5052.

**Савченко В.М.**, кандидат сільськогосподарських наук, доцент доцент кафедри агроінженерії та технічного сервісу, Поліський національний університет, e-mail: dgs-ua@ukr.net, ORCID: 0000-0002-0921-1424.

**Panchyshyn V.Z.**, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Botany, Bioresources and Biodiversity Conservation, Zhytomyr Ivan Franko State University, e-mail: panch22@ukr.net, ORCID: 0000-0001-5256-5052.

**Savchenko V.M.**, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Agroengineering and Technical Service, Polissia National University, e-mail: dgs-ua@ukr.net, ORCID: 0000-0002-0921-1424.

## УРОЖАЙНІСТЬ СУХОЇ РЕЧОВИНИ ЖИТА ПОСІВНОГО (ОЗИМОГО) ЗАЛЕЖНО ВІД УДОБРЕННЯ ТА ПЕРЕДПОСІВНОЇ ОБРОБКИ НАСІННЯ

І.І. Сенік<sup>1</sup>, Л.М. Красюк<sup>2</sup>, В.Г. Кургак<sup>2</sup>, Г.П. Сидорук<sup>3</sup>, М.М. Жук<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Західноукраїнський національний університет (м. Тернопіль, Україна)

<sup>2</sup>ННЦ «ІЗ НААН» (с-ще Чабани, Україна)

<sup>3</sup>Тернопільська державна сільськогосподарська дослідна станція Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН (м. Тернопіль, Україна)

**Мета.** Дослідження впливу передпосівної обробки та удобрення на вихід сухої речовини жита посівного (озимого)  $F_r$ . **Методи.** Польовий, розрахунково-порівняльний. **Результати.** Встановлено, що передпосівна обробка насіння та удобрення впливали на вихід сухої речовини з 1 га агроценозу жита посівного (озимого)  $F_r$ . Величина урожайності залежала також від погодних умов вегетаційного періоду. Так, у 2024 р. вихід сухої речовини в досліді становив 3,44–9,70 т/га, а у 2025 р. – 3,03–9,28 т/га залежно від обробки насіння та удобрення. В середньому за два роки досліджень зазначені показники знаходилися на рівні 3,24–9,49 т/га. В усі роки досліджень найменшою продуктивністю за сухою речовиною відзначився контрольний варіант без обробки насіння та удобрення – 3,44 т/га у 2024 р. та 3,03 т/га у 2025 р. Інтенсифікація технології вирощування жита посівного (озимого)  $F_1$  на зелений корм, яка полягала у проведенні передпосівної обробки насіння та удобрення, сприяла зростанню його продуктивності. Сумісне застосування мікробіологічного препарату Біоексперт та біостимулятора Вітазим забезпечувало найкращі результати за показником виходу сухої речовини – 4,76–9,70 т/га у 2024 р. та 4,48–9,28 т/га у 2025 р. залежно від удобрення. Серед досліджуваних варіантів мінерального живлення агроценозів жита посівного (озимого)  $F_1$  найвищі результати отримано на варіанті припосівного внесення комплексного добрива 8-24-24 в нормі 100 кг/га і ранньовесняного підживлення агроценозу азотними добривами – 6,98–9,70 т/га у 2024 р. та 6,35–9,28 т/га у 2025 р. залежно від передпосівної обробки насіння. **Висновки.** В середньому за два роки проведених досліджень найвищою продуктивністю за сухою речовиною відзначився варіант, на якому насіння жита посівного (озимого)  $F_1$  перед сівбою обробляли мікробіологічним препаратом Біоексперт та біостимулятором Вітазим, а система удобрення полягала у внесенні  $N_{90}P_{24}K_{24}$  сухої речовини 9,49 т/га, порівняно із абсолютним контролем (3,24 т/га) приріст урожаю становив 6,25 т/га, або 192,9 %. Такі технологічні елементи забезпечили вихід сухої речовини 9,49 т/га, порівняно із абсолютним контролем (3,24 т/га) приріст урожаю сягав 6,25 т/га, або 192,9 %.

**Ключові слова:** однорічні кормові культури, кормова продуктивність, мінеральні добрива, стимулятори росту.

**Вступ.** Аграрний сектор економіки нашої країни, відіграє провідну роль у забезпеченні валютних надходжень, особливо в умовах повномасштабної війни. За даними Міністерства аграрної політики та продовольства України у 2024 р. частка сільськогосподарської продукції у загальному експорті становила 59 %, або 24,5 млрд дол. США [3; 16; 17].

Однак, основна роль сільськогосподарського виробництва в Україні полягає у забезпеченні

продовольчої безпеки держави, оскільки саме від цього залежить рівень соціального життя населення [10].

Важливою складовою аграрної сфери економіки нашої країни є галузь тваринництва, яка є джерелом харчових продуктів тваринного походження. Втім, стан розвитку та рівень виробництва молока і м'яса не дають змоги повною мірою забезпечити ними населення [11]. Так, у 2024 р. середньорічне споживання молока на одну людину в Україні становило

209,3 кг, тоді як науково обґрунтована норма становить 390 кг [7].

Зважаючи на таку складну ситуацію із виробництвом достатньої кількості тваринницької продукції, актуальним є питання збільшення її обсягів. До того ж ключова роль належить у забезпеченні поголів'я високоякісними кормами в достатній кількості [13], серед яких важливе місце займають однорічні кормові культури та їх сумішки [6; 8; 14].

Серед однорічних кормових культур останніми роками набувають поширення гібриди жита посівного (озимого), які відзначаються високою врожайністю та кормовою цінністю, швидкими темпами весняного розвитку, ефективнішим використанням ґрунтово-кліматичних умов, порівняно із якими культурами [5].

**Мета** – дослідити вплив передпосівної обробки та удобрення на вихід сухої речовини жита посівного (озимого) F1.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Враховуючи той факт, що гібрид жита посівного (озимого) є новою кормовою культурою, тому й відсутні наукові публікації із результатами досліджень щодо його вирощування. Однак, за своїми біологічними особливостями досліджувана культура подібна до традиційних озимих – звичайного сортового жита посівного та тритикале, з питань вирощування яких є достатня кількість наукових досліджень і публікацій.

Для озимих кормових культур, а особливо для жита посівного (озимого), актуальним питанням є стимуляція ростових процесів на початкових етапах проростання насіння й оптимізація азотного живлення, як ключового фактора, що впливає на формування агроценозів та їх кормової продуктивності. Завдяки включенню в технологію вирощування зазначених технологічних елементів досягається формування продуктивних агроценозів та висока якість корму.

Дослідженнями науковців встановлено, що збільшення вмісту протеїну в кормах можна досягти двома шляхами – внесенням азотних добрив та вирощування сумішок із високобілковими культурами. Так, дослідженнями науковців Інституту кормів та сільського господарства Поділля НААН встановлено, що норми мінерального нітрогену за вирощування жита озимого та тритикале озимого, можна зменшити порівняно із одновидовим вирощуванням зазначених злакових культур, за рахунок їх сумісного вирощування із горошком паннонським [1; 2; 9]. Система

удобрення полягає у внесенні  $N_{45}P_{45}K_{45}$  [18]. Доцільність вирощування бінарних сумішок жита озимого з горошком паннонським підтверджена також дослідженнями проведеними в умовах Тернопільської обл. [15], де на кращому варіанті дослідів вихід кормових одиниць становив 4,5 т/га.

У посушливих умовах Північного Степу України збагачення корму протеїном краще здійснювати шляхом сумісного вирощування жита озимого з тифоном [4].

**Матеріали та методи досліджень.** Дослідження із вивчення питання впливу удобрення та передпосівної обробки насіння жита посівного (озимого) F1 на урожайність його сухої речовини проводилися ННЦ «Інститут землеробства НААН» в умовах Західного Лісостепу на полях ТОВ «Аграрна Марка» Тернопільського р-ну Тернопільської обл. протягом 2024–2025 рр.

Ґрунт дослідної ділянки темно-сірий опідзолений. За агрохімічними властивостями, він характеризується такими показниками орного шару: кальцію, марганцю, міді, заліза та органічної речовини – нормальний вміст, магнію – високий, бору, цинку, калію – низький, фосфору – низький, молібдену, сірки та натрію – дуже низький. Ємність катіонного обміну відповідає оптимальним показникам. Кислотність ґрунту (рН водний 6,1).

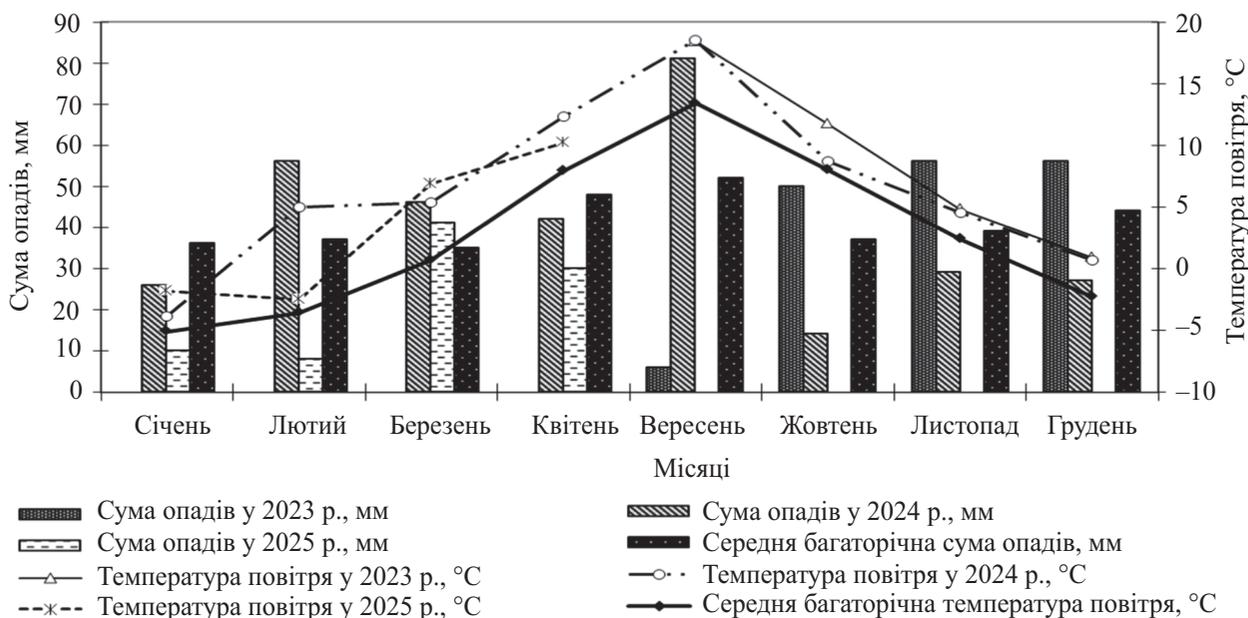
За агрофізичними показниками ґрунт дослідного поля глинисто-мулистий суглинок.

Погодні умови в роки проведення досліджень відрізнялися від середніх багаторічних показників, що дало змогу об'єктивно оцінити вплив досліджуваних чинників на формування врожаю даної культури (рисунк).

Так сума опадів за вересень–грудень 2023 р. становила 168 мм, 2024 р. – 151, а середня багаторічна – 172 мм. У період січень–квітень кількість опадів знаходилася на рівні відповідно 170; 89 та 156 мм.

Температура повітря в осінньо-зимові місяці (вересень–грудень) сягала:  $+8,9^{\circ}\text{C}$  у 2023 р.,  $+8,1^{\circ}\text{C}$  у 2024 р., за середньобагаторічного показника  $+5,4^{\circ}\text{C}$ . За зимово-весняний період (січень–квітень) зазначені показники були на рівні  $+4,7^{\circ}\text{C}$ ,  $+3,2^{\circ}\text{C}$ ,  $-0,3^{\circ}\text{C}$ .

З огляду на мету досліджень, вирішення намічених програмою завдань проводили в одному двофакторному досліді, де на агрофітоценозі жита посівного (озимого) КВС Прогас F1 вивчалися різні способи передпосівної обробки насіння та удобрення (табл. 1).



Агрометеорологічні умови в роки проведення досліджень

Фосфорні й калійні мінеральні добрива вносилися під час сівби у рядки, азотні – рано навесні в підживлення. Площа посівної ділянки – 75 м<sup>2</sup>, облікової – 60 м<sup>2</sup>. Повторність досліду триразова.

Жито посівне (озиме) КВС Прогас F1. Це гібрид силосного жита від компанії КВС. Відзначається високою урожайністю зеленої маси та сухої речовини. Середньостійкий до вилягання та стійкий проти основних хвороб.

Біоексперт – мікробіологічний препарат литовської компанії Nando. Призначений для передпосівної обробки насіння, що містить у своєму складі корисні мікроорганізми, які перетворюють важкодоступні елементи живлення у легкодоступні, мікоризні гриби – для збільшення поглинання води та фосфору, а також триходерму.

Вітазім Біо – біостимулятор органічного походження американської компанії PlantDesigns, який прискорює ріст рослин, сприяє кращому розвитку кореневої системи та підвищенню врожайності. До його складу входять брасиностероїди, 1-триаконтанол,

28-гомобрасинолід, брасінон, вітамін В1, В2, В6, макро-та мікроелементи.

Технологія вирощування жита озимого гібрида КВС Прогас F1 полягала у висіванні насіння у вересні, припосівному внесенні комплексного добрива Yara Mila 8-24-24 та весняному підживленні азотними добривами відповідно до схеми. Скошування зеленої маси проводилося у фазі ВВСН 37.

Польові дослідження здійснювали відповідно загальноприйнятих методик із кормовиробництва та лувівництва [12].

**Результати та їх обговорення.** На основі проведених нами досліджень встановлено, що досліджувані технологічні заходи впливали на вихід сухої речовини з 1 га посіву жита посівного (озимого) (табл. 2).

У 2024 р. вихід сухої речовини в досліді становив 3,44–9,70 т/га, а у 2025 р. – 3,03–9,28 т/га залежно від обробки насіння та удобрення. Різниця в урожайності зумовлена погодними умовами вегетаційного періоду в роки досліджень, що відзначалися різною кількістю опадів та температурою повітря і впливали на процеси росту, розвитку та формування продуктивності даної культури.

Найменшою продуктивністю за сухою речовиною відзначився контрольний варіант без обробки насіння та удобрення – 3,44 і 3,03 т/га залежно від року досліджень.

Інтенсифікація технології вирощування жита посівного (озимого) на зелений корм, яка полягала у проведенні передпосівної обробки насіння та удобренні, сприяла зростанню його продуктивності.

Таблиця 1. Схеми дослідів

Фактор А – передпосівна обробка насіння	Фактор В – удобрення
1. Без обробки (контроль)	1. Без добрив (контроль)
2. Мікробіологічний препарат Біоексперт	2. N <sub>60</sub> P <sub>24</sub> K <sub>24</sub>
3. Біостимулятор Вітазім	3. N <sub>90</sub> P <sub>24</sub> K <sub>24</sub>
4. Мікробіологічний препарат Біоексперт + біостимулятор Вітазім	

Таблиця 2. Вихід зеленої маси та сухої речовини агроценозу жита КВС Прогас F1 залежно від передпосівної обробки насіння та удобрення, т/га

Фактор А – передпосівна обробка насіння	Фактор В – удобрення	Роки					
		2024		2025		середнє за 2024–2025 рр.	
		зелена маса	суха речовина	зелена маса	суха речовина	зелена маса	суха речовина
Без обробки (контроль)	Без добрив (контроль)	16,8	3,44	14,8	3,03	15,8	3,24
	N <sub>60</sub> P <sub>24</sub> K <sub>24</sub>	29,9	5,83	28,2	5,49	29,1	5,66
	N <sub>90</sub> P <sub>24</sub> K <sub>24</sub>	36,7	6,98	33,4	6,35	35,1	6,67
Мікробіологічний препарат Біоексперт	Без добрив (контроль)	21,5	4,43	19,5	4,02	20,5	4,23
	N <sub>60</sub> P <sub>24</sub> K <sub>24</sub>	33,7	6,63	32,0	6,30	32,9	6,47
	N <sub>90</sub> P <sub>24</sub> K <sub>24</sub>	39,1	7,55	36,4	7,03	37,8	7,29
Біостимулятор Вітазим	Без добрив (контроль)	22,5	4,52	20,4	4,10	21,5	4,31
	N <sub>60</sub> P <sub>24</sub> K <sub>24</sub>	37,7	7,16	35,4	6,72	36,6	6,94
	N <sub>90</sub> P <sub>24</sub> K <sub>24</sub>	47,7	8,96	44,4	8,35	46,1	8,66
Біоексперт + Біостимулятор Вітазим	Без добрив (контроль)	23,2	4,76	21,8	4,48	22,5	4,62
	N <sub>60</sub> P <sub>24</sub> K <sub>24</sub>	39,0	7,81	36,5	7,30	37,8	7,55
	N <sub>90</sub> P <sub>24</sub> K <sub>24</sub>	50,0	9,70	47,8	9,28	48,9	9,49
НР <sub>05</sub> , т/га	А	1,23	0,20	1,15	0,15		
	В	1,07	0,22	1,01	0,19		
	АВ	2,14	0,40	2,09	0,40		

Так, на варіантах дослід, де висівалося насіння оброблене мікробіологічним препаратом Біоексперт вихід сухої речовини сягав 4,43–7,55 т/га у 2024 р. та 4,02–7,03 т/га у 2025 р. Застосування біостимулятора Вітазим в нормі 1,0 л/т насіння забезпечило зростання продуктивності агроценозу за сухою речовиною відповідно до 4,52–8,96 і 4,10–8,35 т/га.

Порівняльна оцінка способів передпосівної обробки насіння вказує на доцільність сумісного застосування мікробіологічного препарату Біоексперт та біостимулятора Вітазим, оскільки зазначені варіанти дослід відзначилися найвищою продуктивністю – 4,76–9,70 т/га у 2024 р. та 4,48–9,28 т/га у 2025 р.

Серед досліджуваних варіантів удобрення одновидового посіву гібрида жита посівного (озимого) найкращі результати отримано на варіанті припосівного внесення комплексного добрива 8-24-24 в нормі 100 кг/га та ранньовесняним підживленням азотними добривами. Сумарна кількість нітрогену була 90 кг/га. На зазначеному варіанті дослід вихід сухої речовини

становив 6,98–9,70 т/га у 2024 р. та 6,35–9,28 т/га у 2025 р. залежно від передпосівної обробки насіння.

У середньому за два роки проведених досліджень вихід сухої речовини знаходився на рівні 3,24–9,49 т/га, а зеленої маси – 15,8–48,9 т/га. Найменш урожайним виявився варіант дослід, на якому висівалося необроблене насіння гібрида жита посівного (озимого) та не вносилися мінеральні добрива – 3,24 т/га сухої речовини та 15,8 т/га зеленої маси.

Водночас, варіант дослід, на якому насіння перед сівбою обробляли мікробіологічним препаратом Біоексперт і біостимулятором Вітазим та система удобрення полягала у внесенні N<sub>90</sub>P<sub>24</sub>K<sub>24</sub> забезпечив вихід сухої речовини – 9,49 т/га й 48,9 т/га зеленої маси.

## Висновки

Дослідженнями встановлено особливості формування врожайності зеленої маси та сухої речовини жита посівного (озимого) залежно від технологічних заходів вирощування та доведено, що в умовах Західного Лісостепу його агроценози позитивно реагують

на заходи інтенсифікації вирощування, забезпечуючи зростання продуктивності.

У середньому за два роки досліджень на агрофітоценозі жита посівного (озимого) КВС Прогас F1 найвищою продуктивністю за сухою речовиною зафіксовано варіант, на якому насіння перед сівою

обробляли мікробіологічним препаратом Біоексперт та біостимулятором Вітазим, а система удобрення полягала у внесенні  $N_{90}P_{24}K_{24}$ . Такі елементи технології забезпечили вихід сухої речовини – 9,49 т/га. Порівняно із абсолютним контролем (3,24 т/га) приріст урожаю становив 6,25 т/га, або 192,9 %.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Гетман Н.Я., Іскра О.В. Вирощування тритикале озимого з горошком паннонським у проміжних посівах. *Корми і кормовиробництво*. 2015. Вип. 81. С. 68–73.
2. Гетман Н.Я., Іскра О.В., Семеренко С.В., Василенко Р.М. Процеси формування урожайності зеленої маси сумішей тритикале озимого з горошком паннонським залежно від ґрунтово-кліматичних умов вирощування. *«Тритикале – культура XXI століття»: тези доп. міжнар. наук.-практ. конф.*, Харків. 2017. С. 72–73.
3. Гуменюк Я.М. Аграрний експорт України: аналіз та стратегічне планування *Економіка та суспільство*. 2023. №53. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-53-93>.
4. Дудка М. І. Продуктивність сумісних агроценозів озимого жита з тифоном в умовах північної підзони Степу України. *Бюл. Ін-ту зернового господарства УААН*. 2007. № 31–32. С. 99–104.
5. Каталог гібридів озимого жита KWS. URL: [https://www.kws.com/ua/media/katalog-gibrydiv-ozumogo-zhyta\\_2025.pdf](https://www.kws.com/ua/media/katalog-gibrydiv-ozumogo-zhyta_2025.pdf)
6. Коваленко О.В., Бокій О.В. Засоби підтримки населення України для забезпечення продовольчої безпеки в умовах сучасних викликів. *Вісник аграрної науки*. 2023. № 11 (848). С. 77–86. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202311>.
7. Козак О.А. Соціально-економічні особливості споживання молочних продуктів в Україні. *Вісник Хмельницького національного університету*. 2020. № 1. С. 207–211. DOI: 10.31891/2307-5740-2020-278-1-36.
8. Корнійчук О.В., Антипова Л.К., Манушкіна Т.М. Аналіз стану виробництва кормових культур на півдні України. *Корми і кормовиробництво*. 2021. №91. С. 20–32. DOI: <https://doi.org/10.31073/kormovyrobnystvo202191-02>.
9. Корнійчук О.В., Гетман Н.Я., Векленко Ю.А., Курнаєв О.М., Лехман О.В., Чернецька С.Г., Іскра О.В. Технології вирощування сумішей однорічних культур для заготівлі високобілкових кормів: науково-практичні рекомендації. Вінниця. 2015. 18 с.
10. Лихопій В.І. Актуальні проблеми та перспективи розвитку тваринництва в Україні. *Наукові праці Полтавської державної аграрної академії. Економічні науки*. 2011. Вип. 2. Т. 3. С. 325–328.
11. Лупенко Ю.О., Месель-Веселяк В.Я. Стратегічні напрями розвитку сільського господарства України на період до 2020 року. К.: ННЦ «ІАЕ» 2012. 182 с.
12. Методика проведення дослідів з кормовиробництва і годівлі тварин: [під редакцією А.О. Баби́ча.] Вінниця. 1998. 78 с.
13. Петриченко В.Ф., Корнійчук О.В. Стратегії інноваційного розвитку кормовиробництва України в умовах сучасних викликів. *Вісник аграрної науки*. Київ. 2018. Вип. 1. С. 11–17.
14. Петриченко В.Ф., Корнійчук О.В., Векленко Ю.А. Сталий розвиток лукопасовищного кормовиробництва в умовах змін клімату. *Вісник аграрної науки*. 2018. №6. С. 25–32. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201806-04>.
15. Сенік І.І. Кормова продуктивність озимих кормових агрофітоценозів залежно від елементів технології вирощування. *Подільський вісник*. Кам'янець-Подільський. 2020. Вип. 32. С. 68–72.
16. Тарасовський Ю. Україна в 2024 році експортувала агропродукції на \$24,5 млрд, що є другим результатом після рекорду 2021-го. *Forbes Ukraine*. 2025. URL: <https://forbes.ua/news/ukraina-u-2024-rotsi-eksportovala-agroproduktzii-na-245-mlrd-shcho-e-drugim-rezultatom-pislya-rekordu-2021-go-03012025-26034>.
17. Фіщук І.О. Статистичний аналіз експорту продукції аграрного сектору економіки України. *Проблеми сучасних трансформацій. Серія: економіка та управління*. 2022. Вип. 5. DOI: <https://doi.org/10.54929/2786-5738-2022-5-03-03>.
18. Hetman, N., Veklenko, Yu., Petrychenko, V., Korniiichuk, O., & Buhaiiov, V. Agrobiological substantiation of growing Hungarian vetch in mixed crops. *Scientific Horizons*. 2024. 27(4). P. 61–75. DOI: <https://doi.org/10.48077/scihor4.2024.61>.

## REFERENCES

1. Hetman N.Ia., Iskra O.V. (2015). Growing winter triticale with Pannonian peas in intercropping. *Feed and feed production*, 81, 68–73 [in Ukrainian].
2. Hetman N.Ia., Iskra O.V., Semerenko S.V., Vasylenko R.M. (2017). Processes of forming the yield of green mass of mixtures of winter triticale with Pannonian peas depending on soil and climatic conditions of cultivation. «Triticale - culture of the XXI century»: theses of the additional international scientific and practical conference. Kharkiv. P. 72–73 [in Ukrainian].
3. Humeniuk Y.M. (2023). Agricultural exports of Ukraine: analysis and strategic planning *Economy and society*, (53). DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-53-93> [in Ukrainian].
4. Dudka M. I. (2007) Productivity of compatible agrocenoses of winter rye with typhon in the conditions of the northern subzone of the Steppe of Ukraine. *Bull. Institute of Grain Economy of the Ukrainian Academy of Sciences*. 31–32, 99–104 [in Ukrainian].
5. KWS winter rye hybrids catalog. URL: [https://www.kws.com/ua/media/katalog-gibrydiv-ozumogozhyta\\_2025.pdf](https://www.kws.com/ua/media/katalog-gibrydiv-ozumogozhyta_2025.pdf) [in Ukrainian].
6. Kovalenko O.V., Bokii O.V. (2023). Means of supporting the population of Ukraine to ensure food security in the conditions of modern challenges. *Herald of Agrarian Science*, 11 (848), 77–86. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202311> [in Ukrainian].
7. Kozak O.A. (2020). Socio-economic features of dairy product consumption in Ukraine. *Bulletin of Khmelnytsky National University*, 1, 207–211. DOI: <https://www.doi.org/10.31891/2307-5740-2020-278-1-36> [in Ukrainian].
8. Korniychuk O.V., Antipova L.K., Manushkina T.M. (2021) Analysis of the state of production of fodder crops in the south of Ukraine. *Fodder and fodder production*, 91, 20–32. DOI: <https://doi.org/10.31073/kormovyrobnytstvo202191-02> [in Ukrainian].
9. Korniychuk O. V., Hetman N. Ya., Veklenko Yu. A., Kurnaiev O. M., Lekhman O. V. et al. (2015). Technologies for growing mixtures of annual crops for the preparation of high-protein feeds: scientific and practical recommendations. Vinnytsia. 18 p. [in Ukrainian].
10. Lykhopii V.I. (2011). Actual problems and prospects for the development of animal husbandry in Ukraine. *Scientific works of the Poltava State Agrarian Academy. Economic sciences*, 2 (3), 325–328 [in Ukrainian].
11. Lupenko Yu.O., Mesel-Veselyak V.Ya. (2012). Strategic directions of agricultural development of Ukraine for the period until 2020. NSC «IAE». 182 p. [in Ukrainian].
12. Babich A.O. (1998). Methods of conducting experiments on fodder production and animal feeding. Vinnytsia. 78 p. [in Ukrainian].
13. Petrychenko V.F., Korniychuk O.V. (2018). Strategies for the innovative development of fodder production in Ukraine under the conditions of modern challenges. *Herald of Agrarian Science*, 1, 11–17. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201801> [in Ukrainian].
14. Petrychenko V.F., Korniychuk O.V., Veklenko Yu.A. (2018). Sustainable development of onion pasture fodder production in conditions of climate change. *Herald of Agrarian Science*, 6, 25–32. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201806-04> [in Ukrainian].
15. Senyk I.I. (2020). Forage productivity of winter forage agrophytocenoses depending on elements of cultivation technology. *Podolsky Visnyk*, 32, 68–72. DOI: <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2020-1-8> [in Ukrainian].
16. Tarasovskyi, Yu. (2025). In 2024, Ukraine exported agricultural products worth \$24.5 billion, which is the second highest result after the record of 2021. Forbes Ukraine. URL: <https://forbes.ua/news/ukraina-u-2024-rotsi-eksportovala-agroproduktii-na-245-mlrd-shcho-e-drugim-rezultatom-pislyarekordu-2021-go-03012025-26034> [in Ukrainian].
17. Fishchuk I.O. (2022). Statistical analysis of the export of products of the agrarian sector of the economy of Ukraine. *Problems of modern transformations. Series: economics and management*, (5). DOI: <https://doi.org/10.54929/2786-5738-2022-5-03-03> [in Ukrainian].
18. Hetman, N., Veklenko, Yu., Petrychenko, V., Korniychuk, O., & Buhaiov, V. (2024). Agrobiological substantiation of growing Hungarian vetch in mixed crops. *Scientific Horizons*, 27(4), 61–75. DOI: <https://doi.org/10.48077/scihor4.2024.61> [in English].

Senyk I.I., Krasnyuk L.M., Kurhak V.G., Sydoruk H.P., Zhuk M.M.

**Dry matter yield of (winter) rye sowings depending on fertilization and pre-sowing treatment of seeds**

**Aim.** Research of the influence of pre-sowing treatment and fertilization on the dry matter yield of sowing (winter) rye  $F_1$ . **Methods.** Field, computational and comparative. **Results.** It was established that pre-sowing treatment of seeds and fertilization influenced the yield of dry matter from 1 ha of agrocenosis of sowing (winter) rye  $F_1$ . The yield also depended on the weather conditions of the growing season. Thus, in 2024, the yield of dry matter in the experiment was 3.44–9.70 t/ha, and in 2025 – 3.03–9.28 t/ha depending on treatment of seeds and fertilization. On average, over the two years of research, these indicators were at the level of 3.24–9.49 t/ha. In all years of research, the control variant without treatment of seeds and fertilization had the lowest dry matter productivity – 3.44 t/ha in 2024 and 3.03 t/ha in 2025. Intensification of the technology of growing sowing (winter) rye  $F_1$  for green fodder, which consisted in carrying out pre-sowing treatment of seeds and fertilization, contributed to the growth of its productivity. The combined use of the microbiological preparation Bioexpert and the biostimulator Vitazym provided the best results in terms of dry matter yield – 4.76–9.70 t/ha in 2024 and 4.48–9.28 t/ha in 2025, depending on the fertilization. Among the studied options for mineral nutrition of agrocenoses of sowing (winter) rye, the best results were obtained with the option of pre-sowing application of complex fertilizer 8-24-24 at the rate of 100 kg/ha and early spring fertilization of agrocenoses with nitrogen fertilizers – 6.98–9.70 t/ha in 2024 and 6.35–9.28 t/ha in 2025, depending on pre-sowing treatment of seeds. **Conclusions.** On average, over two years of research, the highest productivity in terms of dry matter was noted for the variant in which the seeds of sowing (winter) rye  $F_1$  before sowing were treated with the microbiological preparation Bioexpert and the biostimulator Vitazym, and the fertilization system consisted in applying  $N_{90}P_{24}K_{24}$ . Such technological elements ensured the yield of dry matter of 9.49 t/ha, compared to the absolute control (3.24 t/ha), the increase in yield was 6.25 t/ha or 192.9%.

**Key words:** annual fodder crops, fodder productivity, mineral fertilizers, growth stimulants.

**ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ**

**Сеник І.І.**, доктор сільськогосподарських наук, с.н.с., професор кафедри агробіотехнологій, Західноукраїнський національний університет, ORCID: 0000-0003-4756-7824.

**Красюк Л.М.**, кандидат сільськогосподарських наук, старший дослідник, старший науковий співробітник, відділ обробітку ґрунту і контролювання сеgetальної рослинності, ННЦ «Інститут землеробства НААН», ORCID: 0000-0003-0090-6083.

**Кургак В.Г.**, доктор сільськогосподарських наук, професор, член-кореспондент НААН, в.о. завідувача

відділу кормовиробництва, ННЦ «Інститут землеробства НААН», ORCID :0000-0003-2309-0128.

**Сидорук Г.П.**, кандидат сільськогосподарських наук, вчений секретар, Тернопільська державна сільськогосподарська дослідна станція Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН, ORCID: 0000-0002-7584-8095.

**Жук М.М.**, аспірант, ННЦ «Інститут землеробства НААН», ORCID: 0009-0004-8105-9967.

**Senyk I.I.**, Doctor of Agricultural Sciences, Senior Research Fellow, Professor of the Department of Agrobiotechnologies, West Ukrainian National University, ORCID: 0000-0003-4756-7824.

**Krasiuk L.M.**, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Senior Research, Fellow Department of Soil Cultivation and Control of Segetal Vegetation, NSC «Institute of Agriculture of the NAAS», ORCID: 0000-0003-0090-6083.

**Kurhak V.H.**, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Corresponding Member of the NAAS, Acting Head of the

Department of Feed Production, NSC «Institute of Agriculture of the NAAS», ORCID :0000-0003-2309-0128.

**Sydoruk H.P.**, Candidate of Agricultural Sciences, Scientific Secretary, Ternopil State Agricultural Research Station of the Institute of Agriculture of the Carpathian Region of the National Academy of Sciences of Ukraine, ORCID: 0000-0002-7584-8095.

**Zhuk M.M.**, Postgraduate Student, National Scientific Center «Institute of Agriculture of the National Academy of Sciences of Ukraine», ORCID: 0009-0004-8105-9967.

## ЕЛЕМЕНТИ ЕКОЛОГІЧНО-БЕЗПЕЧНОГО ЗАХИСТУ СОЇ ВІД ХВОРОБ В УМОВАХ ПРАВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ

О.С. Власюк, Л.С. Квасніцька, Г.П. Войтова

Хмельницька державна сільськогосподарська дослідна станція Інституту кормів та сільського господарства Поділля НААН (с. Самчики, Україна)

**Мета.** Дослідити вплив обробки насіння та посівів сої біопрепаратами і внесення у ґрунт біодеструктора на продуктивність й ураження культури хворобами. **Методи.** Польовий, вимірально-ваговий, розрахунковий, математично-статистичний. **Результати.** Представлені результати досліджень впливу обробки насіння сої стимулятором природного походження Вимпел-К (0,5 л/т), біофунгіцидом МікоХелп (3 л/т), обробки насіння і посівів біопрепаратом комплексної дії Органік-баланс (1,5 л/т і 0,5 л/га) і внесення у ґрунт біодеструктора Органік-баланс (1,5 л/га) на показники ураження хворобами та урожайності сої. Визначено, що застосування біодеструктора та обробки насіння біопрепаратами знизило поширення кореневої гнилі до 5,0–8,1 %, порівняно із 14,0 % на контролі, а обприскування посівів препаратом Органік-баланс пригнічувало поширення септоріозу сої до 41–45 % від 70–72 % на контролі. Також встановлено, що передпосівна обробка насіння означеними препаратами сприяла збільшенню врожайності сої на 3,9–14,4 %, залежно від поєднань з обприскуванням посівів препаратом Органік-баланс та з внесенням у ґрунт біодеструктора. Обробка посіву препаратом Органік-баланс сприяла підвищенню врожайності на 7,1–15,3 %, а внесення у ґрунт Органік-баланс біодеструктор – на 5,0–9,6 %. Найбільш ефективним варіантом внесення є обробка насіння препаратом МікоХелп у комплексі з біодеструктором та обприскуванням посіву Органік-баланс (приріст у 31 %, або 0,71 т/га). **Висновки.** Застосування біологічно-безпечних препаратів (Органік-баланс біодеструктор, Вимпел-К, Органік-баланс, МікоХелп) сприяє значному збільшенню врожайності та зниженню ураження сої хворобами. Препарати для обробки насіння демонструють вищу відсоткову ефективність у приросту урожайності за варіантів без внесення деструктора і без обробки посівів (на 7,6–14,4 %), порівняно до фону, де означені заходи використовувались (зростання на 3,9–8,0 %). Отримані елементи агротехніки можуть бути застосовані для вдосконалення екологічно-безпечних технологій вирощування сої в агроформуваннях різних форм власності.

**Ключові слова:** біопрепарати, стимулятори росту і розвитку рослин, соя, урожайність, деструктор рослинних решток, хвороби сої.

**Вступ.** У наш час економічна та екологічна криза, деградація ґрунтів, зниження якості рослинницької продукції стимулюють увагу до екологічного землеробства, суть якого полягає у використанні потенційних можливостей природних екосистем, зокрема до використання мікроорганізмів для захисту, стимуляції росту і живлення рослин. Крім того, біопрепарати розглядаються як елемент заощадження витрат коштів та енергії на вирощування сільськогосподарських культур [1–4]. Пошук нових підходів

стимулюється як проблемами безпеки харчових продуктів через нераціональне використання пестицидів, так і зниженням продуктивності сортів, що втратили стійкість до хвороб, а також появою фунгіцидостійких штамів фітопатогенів [5–8]. Водночас, проблема забезпечення білком зростаючих потреб населення та тваринництва планети наразі часто вирішується розширенням посівних площ та вдосконаленням заходів щодо підвищення продуктивності сої (*Glycine hispida* (Moench) Max) [2; 9].

Наразі зміни клімату також внесли свої корективи. Так, з його потеплінням такі теплолюбні культури, як соя, кукурудза та соняшник, почали домінувати в структурі посівних площ на землях Західного регіону України. Водночас зросла інтенсивність пошкодження рослин більшістю хвороб та розширився асортимент шкідників і теплолюбних бур'янів, через що виникла потреба вдосконалення систем захисту з урахуванням екологічних та економічних викликів [1; 10].

Крім того, в усіх зонах країни погіршується якість ґрунту – в орному шарі знижується вміст гумусу, азоту, рухомих форм фосфору і калію, збільшуються площі підкислених і засолених земель. Внаслідок хімізації рослинництва значно пригнічена біологічна активність ґрунту, зменшилось різноманіття та кількість його мікрофлори, що, зокрема, погіршило розкладання рослинних залишків [1; 11; 12].

**Мета досліджень** – дослідити вплив обробки насіння та посівів біопрепаратами і внесення у ґрунт біодеструктора рослинних залишків на продуктивність й ураження хворобами сої.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Науковці зазначають, що введення до структури сівозмін бобових культур (серед яких соя переважає за площами посіву), дозволить зменшити внесення азотних добрив, здешевить вирощування та сприятиме отриманню екологічно чистої продукції. Крім того, зі зростанням посушливості клімату, біологічно спрямовані системи землеробства також слугуватимуть елементом сталості вирощування сільськогосподарських культур [13; 14].

У більшості країн світу, сучасні екологічно збалансовані технології вирощування передбачають застосування біопрепаратів як обов'язків захід. Впровадження їх у виробництво забезпечило істотний приріст урожаю за значного поліпшення якості продукції [15–17]. Визначено, що корисні мікроорганізми, на основі яких створено мікробіологічні препарати, можуть витискати фітопатогенну мікробіоту з їх екологічної ніші, поліпшувати імунітет, розвиток і живлення рослин. Багато з таких мікробів здатні виробляти фізіологічно активні сполуки, зокрема, фітогормони, які регулюючи обмін речовин, підвищують стійкість рослин до стресів та захворювань, а також стимулюють фізіологічні процеси, сприяючи реалізації потенційної продуктивності сортів [18; 19].

Проблеми із родючістю ґрунтів сьогодні намагаються вирішувати поверненням поживних речовин у ґрунт за допомогою заорювання рослинних решток. Для прискорення їх розкладання доцільно

застосовувати біодеструктори на основі мікроорганізмів, здатних продукувати ферменти, які руйнують лігнін, целюлозу, клітковину, білки рослинних залишків. За цього покращується баланс поживних речовин у ґрунті, що сприяє застосуванню менших норм добрив та відбувається пригнічення багатьох хвороб, які локалізуються на рослинних залишках [1; 20; 21].

Для сучасного рослинництва дослідження засобів біологізації вирощування є найбільш актуальним, проте показники їх ефективності значно коливаються, оскільки ймовірність позитивної дії мікробних препаратів за їх застосування становить 65–70 % випадків [17; 22]. Отже, пошук технологічних заходів, які б забезпечили стале зростання продуктивності одночасно з підвищенням екологічної безпеки, розробка та впровадження екологічно-безпечних елементів технології вирощування польових культур, зокрема, в умовах Правобережного Лісостепу України є актуальним напрямом досліджень.

**Матеріали та методи досліджень.** Дослідження проводилися в польових дослідах на базі Хмельницької державної сільськогосподарської дослідної станції Інституту кормів та сільського господарства Поділля НААН упродовж 2021–2023 рр. на сої (*Glycine hispida* (Moench) Max) сорту Сіверка.

Основний метод дослідження є польовий (вивчення взаємодії досліджуваних чинників на урожайність та ураження сої хворобами згідно із загальноприйнятими методиками). Також використовувались розрахунковий (визначення економічної та енергетичної ефективності біопрепаратів і їх поєднань) та математично-статистичний метод (оцінка достовірності отриманих результатів).

ґрунт дослідної ділянки – чорнозем слабоопідзолений середньосуглинковий, середньопотужний, малогумусний на лесовому суглинку бурувато-пального забарвлення. Розміщення варіантів систематичне. Облікова площа ділянки – 32 м<sup>2</sup>, загальна – 40 м<sup>2</sup>. Повторність досліду – триразова. Технологія вирощування – загальноприйнята по Хмельницькій обл., проте з хімічних засобів захисту використовувалася лише обробка посіву гербіцидами.

Агрохімічна характеристика ґрунту: гумус (за Тюрінім) – 2,8–2,9 %; рН – 5,8–6,2; гідролітична кислотність 1,9–2,3 мг/екв. на 100 г; валові запаси азоту 0,153–0,163 %; фосфору – 0,136–0,149 %; азот, що легко гідролізується 17–19,3 мг; рухомі форми фосфору та калію (за Чиріковим) відповідно 20,8–22,6 та 8–12 мг на 100 г ґрунту.

Біопрепарати на сої застосовувалися згідно зі схемою досліджу: фактор А – внесення у ґрунт деструктора рослинних решток: А1. – без деструктора; А2. – Органік-баланс біодеструктор (1,5 л/га); фактор В – обробка насіння: В1. – обробка водою; В2. – Вимпел-К (0,5 л/т); В3. – Органік-баланс (1,5 л/т); В4. – МікоХелп (3,0 л/т); фактор С – обприскування посівів: С1. – без обприскування; С2. – Органік-баланс, 0,5 л/га. Абсолютний контроль – А1.В1.С1.

Обліки і спостереження виконувалися згідно з загальноприйнятими методиками проведення

досліджень у землеробстві [23; 24]. Облік хвороб сої здійснювався відповідно до методичних вказівок за ред. В. П. Омелюти [25].

Внесення біодеструктора на рослинні залишки і ґрунт проводилось восени після збирання попередника безпосередньо перед дискуванням ґрунту. Обробка біопрепаратами насіння проводилась у день сівби з урахуванням методології за ред. В.В. Волкогона [26]. Обприскування посівів сої біопрепаратом – двічі – за фаз 1–2 пар справжніх листочків і бутонізації.

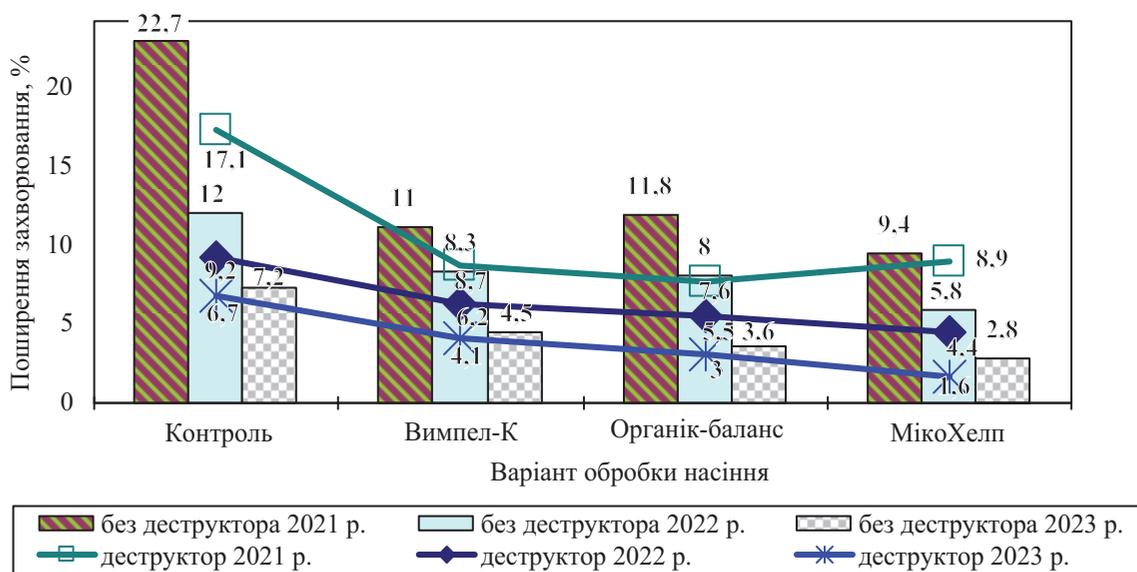


Рис. 1. Вплив застосування біодеструктора та обробки насіння біопрепаратами на поширення кореневої гнилі сої, 2021–2023 рр., %

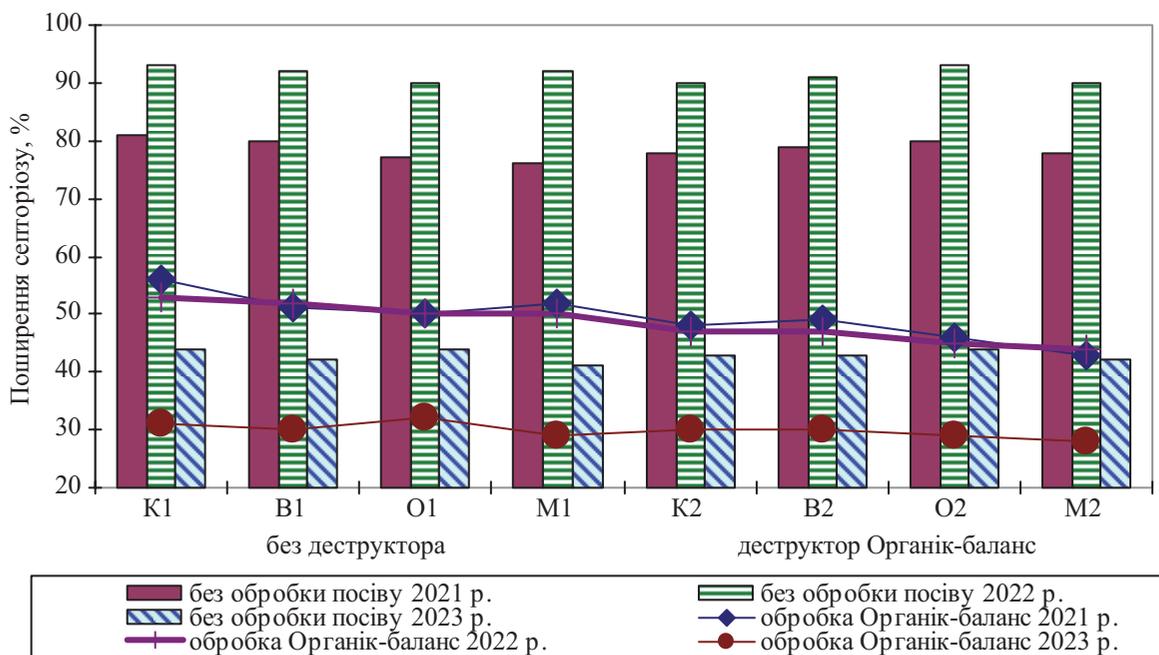


Рис. 2. Вплив обробки біопрепаратами насіння і посіву на поширення септоріозу сої, % (К – контроль, В – Вимпел-К, О – Органік-баланс, М – МікоХелп)

**Результати та їх обговорення.** Проведені у 2021–2023 рр. дослідження показали, що внесення біодеструктора рослинних залишків та обробка насіння біопрепаратами сприяють обмеженню поширення кореневих гнилей сої (рис. 1).

Розвиток кореневих гнилей сої (збудники – гриби роду *Fusarium* spp.) і за всі роки досліджень майже не перевищував 1 бала ураження – слабе побуріння, почорніння коріння або основи стебла. Ураження хворобою було значним лише у 2021 р., коли, внаслідок різкого переходу від посушливих квітня і першої частини травня, до зливових дощів у другій половині травня. Визначено, що поширення кореневої гнилі на контролі без використання біопрепаратів становило у середньому 14,0 %, у варіанті лише з деструктором – 11,0 %. За обробки насіння біопрепаратами

поширення хвороби сягало 6,0–7,9 % на фоні без внесення біодеструктора, а в поєднанні з ним – 5,0–6,6 %. Більш ефективною за інші варіанти була обробка насіння біофунгіцидом МікоХелп, за застосування якого поширення гнилей знижувалось у середньому до 5,0–6,0 %. Зниження поширення хвороби за обробки насіння стимулятором природного походження Вимпел-К, що не містить фунгіцидних речовин, свідчить про здатність компонентів препарату сприяти активізації неспецифічних захисних реакцій рослин сої до патогенів *Fusarium* spp. (рис. 1).

Результати дослідження також показали, що поширення септоріозу сої (*Septoria glycines* T. Henmi) знижувалось за обробки посіву препаратом Органік-баланс (рис. 2).

### Урожайність сої залежно від внесення деструктора та обробки насіння і посівів біопрепаратами (2021–2023 рр.)

Обробка насіння	Урожайність, т/га				Відхилення урожайності відносно:					
					обробки насіння		внесення деструктора		обробки посівів	
	2021 р.	2022 р.	2023 р.	середня	т/га	%	т/га	%	т/га	%
<b>Фон I – Без обробки посівів біопрепаратом</b>										
<i>Без деструктора</i>										
Вода	2,57	2,12	2,17	2,29	К	–	К	–	К	–
Вимпел-К (0,5 л/т)	2,89	2,27	2,26	2,47	0,18	7,9	К	–	К	–
Органік-баланс (1,5 л/т)	2,89	2,30	2,34	2,51	0,22	9,6	К	–	К	–
МікоХелп (3,0 л/т)	3,06	2,38	2,42	2,62	0,33	14,4	К	–	К	–
<i>Органік-баланс біодеструктор</i>										
Вода	2,78	2,42	2,33	2,51	К	–	0,22	9,6	К	–
Вимпел-К (0,5 л/т)	3,14	2,56	2,41	2,70	0,19	7,6	0,23	9,3	К	–
Органік-баланс (1,5 л/т)	3,11	2,60	2,48	2,73	0,22	8,8	0,22	8,8	К	–
МікоХелп (3,0 л/т)	3,18	2,68	2,54	2,80	0,29	11,6	0,18	6,9	К	–
<b>Фон II – Обробка посівів біопрепаратом Органік-баланс</b>										
<i>Без деструктора</i>										
Вода	3,04	2,50	2,39	2,64	К	–	К	–	0,35	15,3
Вимпел-К (0,5 л/т)	3,16	2,62	2,48	2,75	0,11	4,2	К	–	0,28	11,3
Органік-баланс (1,5 л/т)	3,22	2,67	2,55	2,81	0,17	6,4	К	–	0,30	11,9
МікоХелп (3,0 л/т)	3,22	2,71	2,62	2,85	0,21	8,0	К	–	0,23	8,8
<i>Органік-баланс біодеструктор</i>										
Вода	3,20	2,72	2,55	2,82	К	–	0,18	6,8	0,31	12,3
Вимпел-К (0,5 л/т)	3,33	2,84	2,63	2,93	0,11	3,9	0,18	6,5	0,23	8,5
Органік-баланс (1,5 л/т)	3,33	2,85	2,68	2,95	0,13	4,6	0,14	5,0	0,22	8,1
МікоХелп (3,0 л/т)	3,37	2,90	2,73	3,00	0,18	6,4	0,15	5,3	0,20	7,1
НІР <sub>05</sub> , т/га	А	0,258	0,207	0,119						
	В	0,185	0,140	0,056						
	С	0,129	0,017	0,042						

Примітка. К – контроль.

Так визначено, що за обприскування посіву біопрепаратом Органік-баланс зменшення поширення септоріозу сої становило, у середньому, 38–45 %, порівняно із 70–73 % за варіантів без даного заходу. Обробка насіння біопрепаратами та внесення біодеструктора практично не позначилось на ураженні сої плямистістю. Втім у 2021 р. спостерігалось зниження поширення хвороби за використання біодеструктора, проте лише у комплексі з обприскуванням посіву Органік-баланс, що й вплинуло на середньорічні показники (рис. 2).

Також визначено, що застосування досліджуваних препаратів сприяло значному підвищенню врожайності насіння сої (табл.).

Результати аналізу одержаних даних показують, що обробка насіння біопрепаратами сприяє збільшенню урожайності зерна сої на 3,9–14,4 %, заробка біодеструктора у ґрунт – на 5,0–9,6 %, тоді як обприскування біопрепаратом Органік-баланс – на 7,1–15,3 %.

Найпродуктивнішим варіантом з означених є обробка насіння біофунгіцидом МікоХелп у комплексі з внесенням біодеструктора у ґрунт й обприскуванням посіву Органік-баланс, за чого приріст урожайності становив 31 % (0,71 т/га) до абсолютного контролю (без застосування біопрепаратів).

Слід зазначити, що ефективність біопрепаратів для обробки посівного матеріалу сої була

найбільшою на фоні без застосування деструктора й, особливо, без обприскування посівів біопрепаратом. Так використання лише обробки насіння біопрепаратами, приріст урожайності становив 7,9–14,4 %, тоді як у поєднанні з внесенням біодеструктора у ґрунт й обприскуванням посіву – 3,9–8,0 %. Однак продуктивність культури найбільше підвищується за комплексного використання усіх трьох факторів. Так обробка насіння сої біофунгіцидом МікоХелп сприяла підвищенню врожаю в середньому на 0,18–0,33 т/га, тоді як у комплексі з біодеструктором і обприскуванням Органік-баланс – на 0,71 т/га (табл.).

## Висновки

Застосування біологічно-безпечних препаратів (Органік-баланс біодеструктор, Вимпел-К, Органік-баланс, і МікоХелп) сприяє зниженню ураження сої кореневими гнилями та септоріозом та значному збільшенню урожайності (на 3,9–15,3 %). Препарати для обробки насіння показують вищу відсоткову ефективність у прирості урожайності сої на ділянках без внесення деструктора та без обприскування посіву (7,6–14,4 %), порівняно до варіантів, де ці заходи застосовуються (3,9–8,0 %). Означені елементи агротехніки можуть бути використані для вдосконалення екологічно-безпечних технологій вирощування сої в агроформуваннях Правобережного Лісостепу України.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Лихочвор В.В. Біологічне рослинництво. Львів: НВФ Українські технології, 2004. 312 с.
2. Камінський В.Ф., Сайко В.Ф. Землеробство ХХІ століття. Проблеми та шляхи вирішення. *Землеробство*. 2015. № 2 (89). С. 3–11.
3. Tilman D., Cassman K. G., Matson P. A. Naylor R., Polansky S. Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature*. 2002. Vol. 8. P. 671–677. doi : <https://doi.org/10.1038/nature01014>.
4. Примак І.Д., Манько Ю.П., Рідей Н.М. та ін. Екологічні проблеми землеробства; за ред. І.Д. Примака. Київ: Центр учбової літератури, 2010. 456 с.
5. Fisher M.C., Hawkins N.J., Sanglard D., Gurr S.J. Worldwide emergence of resistance to antifungal drugs challenges human health and food security. *Science*. 2018, 360 (6390). P. 739–742. doi : <https://doi.org/10.1126/science.aap7999>.
6. Stuthman D.D., Leonard K.J., Miller-Garvin J. Breeding crops for durable resistance to disease. *Advances in Agronomy*. 2007. 95. P. 319–367. doi : [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(07\)95004-X](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(07)95004-X).
7. Hawkins N.J., Bass C., Dixon A., Neve P. The evolutionary origins of pesticide resistance. *Biol. Rev.*, 2019. 94 (1). P. 135–155. doi : <https://doi.org/10.1111/brv.12440>.
8. Sameer W. Compatibility of biological control agents with fungicides against root rot diseases of wheat. *ALAzhar Journal of Agricultural Research*. 2019. № 44 (2). P. 146–155. doi : <https://doi.org/10.21608/ajar.2019.102808>.
9. Godfray H.C.J., Beddington J.R., Crute I.R., Toulmin C. Food security: the challenge of feeding 9 billion people. *Science*. 2010. Vol. 327. P. 812–818. doi : <https://doi.org/10.1126/science.1185383>.
10. Польовий В.М., Лукашук Л.Я., Лук'яник М.М. Вплив змін клімату на розвиток рослинництва в умовах Західного регіону. *Вісник аграрної науки*. 2019. № 9. С. 29–34. doi : <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201909-04>.

11. Волкогон В.В., Дімова С.Б., Волкогон К.І., Сидоренко В.П. Ефективність мікробних препаратів за різних систем удобрення сільськогосподарських культур. *Вісник аграрної науки*. 2020. № 6. С. 5–14. doi :<https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202006-01>.
12. Дубицька А.О., Качмар О.Й., Дубицький О.Л., Вавринович О.В. Вплив екологічно безпечних систем удобрення пшениці озимої на біологічну активність ґрунту в умовах зміни клімату. *Зернові культури*. 2019. Т. 3. № 2. С. 331–336. doi : <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0093>.
13. Palmer J., Thorburn P., Biggs J., Dominati E., Probert M., Meier E., Huth N., Dodd M., Snow V., Larsen J., Parton W. Nitrogen Cycling from Increased Soil Organic Carbon Contributes Both Positively and Negatively to Ecosystem Services in Wheat AgroEcosystems. *Front Plant Sci*. 2017. Vol. 8. P. 731. doi :<https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00731>.
14. Isbell F., Craven D., Connolly J., Loreau M., Schmid B., Beierkuhnlein C. Biodiversity increases the resistance of ecosystem productivity to climate extremes. *Nature*. 2015. 526. P. 574–577. doi :<https://doi.org/10.1038/nature15374>.
15. Parnell, J.J., Berka, R., Young, H.A. Sturino, J.M, Kang, Y., Barnhart, D.M., Matthew, V.D. From the Lab to the Farm: An Industrial Perspective of Plant Beneficial Microorganisms. *Front Plant Sci*. 2016. V. 7. P. 1110. doi :<https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01110>.
16. Дідора В.Г., Бондар О.Є., Власюк М.В. Продуктивність сої залежно від біологічних препаратів та мінеральних добрив у Поліссі України. *Наукові горизонти*. 2019. № 1 (74). С. 33–39. doi: [10.332491/2663-2144-2019-74-1-33-39](https://doi.org/10.332491/2663-2144-2019-74-1-33-39).
17. Григор'єва О.М., Черячукін М.І., Алмаєва Т.М. Технологія вирощування сої з елементами біологізації в умовах ризикованого землеробства Правобережного Степу України. *Зернові культури*. 2020. Т. 4. № 1. С. 87–95. doi :<https://doi.org/10.31867/2523-4544/0110>.
18. Волкогон В.В., Надкернична О.В., Ковалевська Т.М. та ін. Мікробні препарати у землеробстві. Теорія і практика; за ред. В.В. Волкогона. Київ: Аграрна наука, 2006. 312 с.
19. Chen P., He W., Shen Y., Zhu L., Yao X., Sun R., Dai C., Sun B., Chen Y. Interspecific Neighbor Stimulates Peanut Growth Through Modulating Root Endophytic Microbial Community Construction. *Front. Plant Sci*. 2022. 13. doi :<https://doi.org/10.3389/fpls.2022.830666>.
20. Gamayunova, V., Honenko, L., Baklanova, T., Pylypenko, T. (2025). Changes in Soil Fertility in the Southern Steppe Zone of Ukraine. *Ecological Engineering & Environmental Technology*. 2025. 26(4). P. 229–236. doi :<https://doi.org/10.12912/27197050/201190>.
21. Токмакова Л.М., Шевченко Л.А. Антагоністична активність целюлозолітичних бактерій – деструкторів органічної речовини щодо фітопатогенних міксоміцетів. *Вісник аграрної науки*. 2023. № 6 (843). С. 18–24. doi :<https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202306-02>.
22. Okon Y. Field inoculation of grasses with Azospirillum. *Biological nitrogen fixation in tropical agriculture*. 1982. P. 459–467.
23. Мойсейченко В.Ф., Єщенко В.О. Основи наукових досліджень в агрономії: Підручник. Київ : Вища школа, 1994. 334 с.
24. Методики випробування і застосування пестицидів; за ред. С.О. Трибеля. Київ : Світ, 2001. 448 с.
25. Облік шкідників і хвороб сільськогосподарських культур; за ред. В.П. Омелюти. Київ: Урожай, 1986. 296 с.
26. Методологія і практика використання мікробних препаратів у технологіях вирощування сільськогосподарських культур; за ред. В.В. Волкогона. Київ: Аграрна наука, 2011. 156 с.

## REFERENCES

1. Lykhochvor V.V. (2004). *Biologichne roslynnystvo*. [Biological crop production]. Lviv: NVF Ukrainski tekhnolohii [in Ukrainian].
2. Kaminskyi V.F., Saiko V.F. (2015). *Zemlerobstvo XXI stolittia. Problemy ta shliakhy vyrishenia*. [Agriculture of the 21st century. Problems and solutions]. *Zemlerobstvo: mizhvidomchyi naukovyi zbirnyk – Interdepartmental scientific collection «Agriculture», 1*, 3–15 [in Ukrainian].
3. Tilman D., Cassman K.G., Matson P.A., Naylor R., Polansky S. (2002). Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature*, 8, 671–677. doi :<https://doi.org/10.1038/nature01014>. [in English].
4. Prymak I.D., Manko Yu.P., Ridey N.M., Mazur V.A., Horshchar V.I., Konoplov O.V., Palamarchuk S.P., Prymak O.I. (2010). *Ekolohichni problemy zemlerobstva*. [Ecological problems of agriculture]. O.D. Primak (Ed.). Kyuyiv: Tsentru uchbovoyi literatury [in Ukrainian].
5. Fisher M.C., Hawkins N.J., Sanglard D., Gurr S.J. (2018). Worldwide emergence of resistance to

- antifungal drugs challenges human health and food security. *Science*, 360 (6390), 739–742. doi : <https://doi.org/10.1126/science.aap7999> [in English].
6. Stuthman D.D., Leonard K.J., Miller-Garvin J. (2007). Breeding crops for durable resistance to disease. *Advances in Agronomy*, 95, 319–367. doi : [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(07\)95004-X](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(07)95004-X) [in English].
  7. Hawkins N.J., Bass C., Dixon A., Neve P. (2019). The evolutionary origins of pesticide resistance. *Biol. Rev.*, 94(1), 135–155. doi : <https://doi.org/10.1111/brv.12440> [in English].
  8. Sameer W. (2019). Compatibility of biological control agents with fungicides against root rot diseases of wheat. *AlAzhar Journal of Agricultural Research*, 44 (2), 146–155. doi : <https://doi.org/10.21608/ajar.2019.102808> [in English].
  9. Godfray H. C. J., Beddington J. R., Crute I. R., Toulmin C. (2010). Food security: the challenge of feeding 9 billion people. *Science*, 327, 812–818. doi : <https://doi.org/10.1126/science.1185383> [in English].
  10. Polovyy V., Lukashchuk L., Luk'yanyk M. (2019). Vplyv zmin klimatu na rozvytok roslynnytstva v umovakh Zakhidnoho rehionu. [Influence of climate fluctuations on development of plant growing in conditions of Western region]. *Visnyk ahrarnoi nauky – Bulletin of Agricultural Science*, 9, 29–34. doi : <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201909-04> [in Ukrainian].
  11. Volkohon V., Dimova S., Volkohon K., Sydorenko V. (2020). Efektyvnist mikrobykh preparativ za riznykh system udobrennia silskohospodarskykh kultur [The efficiency of microbial preparations indifferent systems of fertilizing crops]. *Visnyk ahrarnoi nauky – Bulletin of Agricultural Science*, 6, 5–14. doi : <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202006-01> [in Ukrainian].
  12. Dubytska A.O., Kachmar O. o., Dubytskyi O.L., Vavrynovych O.V. (2019). Vlyv ekolohichno bezpechnykh system udobrennia pshenytsi ozymoi na biolohichnu aktyvnist gruntu v umovakh zminy klimatu. [The impact of ecologically safe fertilizer systems of the winter wheat on the biological activity of the soil under conditions of climate chang]. *Zernovi kultury – Grain Crops*, 3 (2), 331–336. doi : <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0093> [in Ukrainian].
  13. Palmer J., Thorburn P., Biggs J., Dominati E., Probert M., Meier E., Huth N., Dodd M., Snow V., Larsen J., Parton W. (2017). Nitrogen Cycling from Increased Soil Organic Carbon Contributes Both Positively and Negatively to Ecosystem Services in Wheat AgroEcosystems. *Front Plant Sci.*, 8, 731. doi : <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00731> [in English].
  14. Isbell F., Craven D., Connolly J., Loreau M., Schmid B., Beierkuhnlein C. (2015). Biodiversity increases the resistance of ecosystem productivity to climate extremes. *Nature*, 526, 574–577. doi : <https://doi.org/10.1038/nature15374> [in English].
  15. Parnell J.J., Berka R., Young H.A., Sturino J.M., Kang Y., Barnhar, D.M., Matthew V.D. (2016). From the Lab to the Farm: An Industrial Perspective of Plant Beneficial Microorganisms. *Front Plant Sci.*, 7, 1110. doi : <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01110> [in English].
  16. Didora V., Bondar O., Vlasiuk M. (2019). Soybeans productivity depending on biological preparations and mineral fertilizers on Ukraine's Polissia. *Scientific Horizons*, 1 (74), 33–39. doi : [10.332491/2663-2144-2019-74-1-33-39](https://doi.org/10.332491/2663-2144-2019-74-1-33-39) [in English].
  17. Hryhorieva, O.M., Cheriachukin, M.I., Almaieva, T.M. (2020). Tekhnolohiya vyroshchuvannya soyi z elementamy biolohizatsiyi v umovakh ryzykovanoho zemlerobstva Pravoberezhnoho Stepu Ukrayiny. [Biologized technology of soybean growing under conditions of risky agriculture of the Right-bank Steppe of Ukraine]. *Zernovi kultury – Grain Crops*, 4 (1), 87–95. doi : <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0110> [in Ukrainian].
  18. Volkohon, V.V. (Ed.), Nadkernychna, O.V., Kovalyvska, T.M., Tokmakova, L.M., Kopylov, E.P., Kozar, S.F. ... Haleh Iu. M. (2006). Mikrobnii preparaty u zemlerobstvi. Teoriia i praktyka: Monohrafiia. [Microbial preparations in agriculture. Theory and practice: a monograph]. Kyiv : Agrarna nauka [in Ukrainian].
  19. Chen P., He W., Shen Y., Zhu L., Yao X., Sun R., Dai C., Sun B., Chen Y. (2022). Interspecific Neighbor Stimulates Peanut Growth Through Modulating Root Endophytic Microbial Community Construction. *Front. Plant Sci.*, 13. doi : <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.830666> [in English].
  20. Gamayunova V., Honenko L., Baklanova T., Pylypenko T. (2025). Changes in Soil Fertility in the Southern Steppe Zone of Ukraine. *Ecological Engineering & Environmental Technology*, 26(4), 229–236. doi : <https://doi.org/10.12912/27197050/201190> [in English].
  21. Tokmakova L., Shevchenko, L. (2023). Antahonistychna aktyvnist tselyulozolytychnykh bakteriy – destruktoriv orhanichnoyi rehovyny shchodo fitopatohennykh miksomitsetiv. [Antagonistic activity of cellulolytic bacteria – destroyers of organic matter against phytopathogenic micromycetes]. *Visnyk ahrarnoi nauky – Bulletin of Agricultural Science*, 6, 18–24. doi : <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202306-02> [in Ukrainian].
  22. Okon Y. (1982). Field inoculation of grasses with *Azospirillum*. *Biological nitrogen fixation in tropical agriculture*, 459–467 [in English].

23. Moiseyenko V.F., Yeshchenko V.O. (1994). *Osnovy naukovykh doslidzhen v ahronomiyi: Pidruchnyk*. [Basics of scientific research in agronomy: Textbook]. Kyiv : Vyscha shkola [in Ukrainian].
24. Trybel S.O., Siharova D.D., Sekun M.P., Ivashchenko O.O. (Trybel S. O. (Ed.)). (2001). *Metodyky vyprovuvannya i zastosuvannya pestytsydiv* [Methods of testing and application of pesticides]. Kyiv: Svit [in Ukrainian].
25. Omeliuta V.P., Hryhorovych I.V., Chaban V.S., Pidplichko V.N., Kalenych F.S., Petruha O.Yo., Chernenko, O.O. (Omeliuta V.P. (Ed.)). (1986). *Oblik shkidnykiv i khvorob silskohospodarskykh kultur*. [Accounting for pests and diseases of crops]. Kyiv: Urozhai [in Ukrainian].
26. Volkohon V.V., Zaryshniak A.S., Hrynyk I.V., Berdnikov O.N., Tsentylo L. V., Nadkernychna O. . . . Murach O.M. (2011). *Metodolohiia i praktyka vykorystannia mikrobykh preparativ u tekhnolohiakh vyroshchuvannya silskohospodarskykh kultur*. [Methodology and practice of using microbial preparations in technologies of growing crops]. Volkohon V. V. (Ed.). Kyiv: Ahrarna nauka [in Ukrainian].

Vlasyuk O. S., Kvasnitska L. S., Voitova H. P.

***Elements of environmentally safe protection of soybeans from diseases in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe***

**Aim.** To investigate the effect of treating soybean seeds and crops with biological products and applying a biodestructor to the soil on productivity and disease damage to the crop. **Methods.** Field, measuring-weighing, comparative-calculation, mathematical-statistical. **Results.** The results of studies on the effect of treating soybean seeds with a natural stimulator of *Vympel-K* (0.5 l/t), biofungicide *MycoHelp* (3.0 l/t), treating seeds and crops with a complex biological preparation *Organic-Balance* (1.5 l/t and 0.5 l/ha) and applying the biodestructor *Organic-Balance* to the soil (1.5 l/ha) on disease incidence and soybean yield are presented. It was determined that the use of a biodestructor or and treating seeds with biological preparations reduced the spread of root rot to 5.0–8.1%, compared to 14.0% in the control, and spraying crops with the preparation *Organic-Balance* inhibited the spread of soybean septoria to 41–45% from 70–72% in the control. It was also found that pre-sowing treatment of seeds with the above preparations contributed to an increase in soybean yield by 3.9–14.4%, depending on the combinations with spraying of crops with the preparation *Organic-balance* and with the introduction of a biodestructor into the soil. Treatment of crops with the preparation *Organic-balance* contributed to an increase in yield by 7.1–15.3%, and the introduction of *Organic-balance* biodestructor into the soil – by 5.0–9.6%. The most effective option for application is the treatment of seeds with the preparation *MycoHelp* in combination with a biodestructor and spraying of crops with *Organic-balance* (an increase of 31% or 0.71 t/ha). **Conclusions.** The use of biologically safe preparations (*Organic-balance* biodestructor, *Vympel-K*, *Organic-balance*, *MikoHelp*) contributes to a significant increase in yield and a decrease in soybean disease. Seed treatment preparations demonstrate a higher percentage efficiency in yield growth in the options without applying the destructor and without crop treatment (by 7.6–14.4%), compared to the background where the specified measures were used (an increase of 3.9–8.0%). The obtained elements of agricultural engineering can be applied to improve environmentally safe technologies for growing soybeans in agricultural formations of various forms of ownership.

**Key words:** biological preparations, plant growth and development stimulants, soybean, yield, plant residue destructor, soybean diseases.

**ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ**

**Власюк О.С.**, ст. н. с., кандидат с.-г. наук, завідувач лабораторії інноваційних технологій у землеробстві, рослинництві та тваринництві, Хмельницька державна сільськогосподарська дослідна станція Інституту кормів та сільського господарства Поділля НААН, e-mail: vlasukoksana293@ukr.net, ORCID: 0000-0001-7500-4119.

**Квасніцька Л.С.**, ст. н. с., кандидат с.-г. наук, старший науковий співробітник лабораторії інноваційних технологій у землеробстві, рослинництві та тваринництві, Хмельницька державна сільськогосподарська дослідна станція Інституту кормів та сільського господарства Поділля НААН, e-mail: larusa7215@ukr.net, ORCID: 0000-0002-7925-2299.

**Войтова Г. П.**, науковий співробітник лабораторії інноваційних технологій у землеробстві, рослинництві та тваринництві, Хмельницька державна

сільськогосподарська дослідна станція Інституту кормів та сільського господарства Поділля НААН, e-mail: larusa7215@ukr.net, ORCID: 0000-0001-6152-5677.

-----  
**Vlasyuk O. S.**, Senior Researcher, Candidate of Agricultural Sciences, Head of the Laboratory of Innovative Technologies in Agriculture, Plant Breeding and Livestock Breeding, the Khmelnytskyi State Agricultural Experimental Station of the Institute of Feed and Agriculture of Podillia of NAAS, e-mail: vlasukoksana293@ukr.net, ORCID: 0000-0001-7500-4119.

-----  
and Livestock Breeding the Khmelnytskyi State Agricultural Experimental Station of the Institute of Feed and Agriculture of Podillia of NAAS, e-mail: larusa7215@ukr.net, ORCID: 0000-0002-7925-2299.

**Kvasnitska L.S.**, Senior Researcher, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher at the at the Laboratory of Innovative Technologies in Agriculture, Plant Breeding

**Voytova H.P.**, researcher at the Laboratory of Innovative Technologies in Agriculture, Plant Breeding and Livestock Breeding and Livestock Breeding the Khmelnytskyi State Agricultural Experimental Station of the Institute of Feed and Agriculture of Podillia of NAAS, e-mail: larusa7215@ukr.net, ORCID: 0000-0001-6152-5677.

*Надійшла 11.05.2025*

## ОЦІНКА ВИХІДНОГО МАТЕРІАЛУ ТРИТИКАЛЕ ОЗИМОГО ДЛЯ СЕЛЕКЦІЇ НА ПІДВИЩЕННЯ УРОЖАЮ ЗЕРНА

В.Д. Тромсюк, Ю.А. Векленко

*Інститут кормів та сільського господарства Поділля НААН (м. Вінниця, Україна)*

**Мета.** Оцінити рівень урожаю зерна колекційних зразків тритикале озимого та стабільність означеного показника за умов змін агрокліматичних чинників упродовж 2022–2024 рр. **Методи.** Польовий, статистичний, лабораторний. **Результати.** За три роки досліджень урожайність зразків тритикале озимого варіювала від 4,4 т/га (NTH 3476) до 8,0 т/га (Бета), середній показник становив 5,96 т/га. Виділено зразки з найвищим потенціалом зернової продуктивності – Бета, Ярослава, Гермес, Сергий, Ніна, Десятинне, Salto і Remico, які перевищили стандартний сорт Богодарське (6,6 т/га) на 0,4–1,4 т/га. Зразки з найнижчими показниками врожайності – NTH 3476, Хлебороб, Тит, NTH 1933, Цекад 90 – проявили низьку адаптивність до кліматичних стресів. Установлено значну варіацію урожаю зерна за роками досліджень, що зумовлено реакцією генотипів на зміну погодних умов. Стабільність урожайності оцінено за коефіцієнтом варіації, який варіював від 3,6% до 35,6%. Високу стабільність ознаки ( $V < 10\%$ ) визначено в зразків Святозар, Обрій миронівський, NTH 3476, Salto, Бета. Генотипи з помірною варіацією (11–25%) поєднували відносно високу продуктивність та добру адаптивність. Зразки зі значною варіацією ( $>25\%$ ) є чутливими до агрокліматичних коливань, але можуть бути цінними в селекції на адаптивність. Дослідження підтвердили важливість селекції сортів із підвищеною стресостійкістю для забезпечення стабільного виробництва зерна. Значення стабільності врожайності особливо актуальне в умовах глобальних змін клімату та частих погодних аномалій. Отримані результати можуть слугувати науковою базою для подальшого удосконалення селекційних програм тритикале озимого. **Висновки.** Виділено генотипи тритикале озимого з високою та стабільною урожайністю, які доцільно використовувати як вихідний матеріал для створення сортів, здатних зберігати високий урожай зерна за умов кліматичних змін.

**Ключові слова:** зразок, зернова продуктивність, коефіцієнт варіації, стабільність, мінливість, погодні умови.

**Вступ.** В умовах кліматичних і економічних змін, а також загострення екологічних проблем, стає актуальним впровадження нових стратегій розвитку агровиробництва в Україні. Очікується, що в найближчі роки буде створено сучасні високоврожайні сорти та гібриди польових культур, здатні до адаптації в умовах змін клімату та забезпечення реалізації свого генетичного потенціалу на рівні 70–75% у виробничих умовах. З огляду на глобальні виклики, зокрема потребу в зменшенні техногенного та хімічного навантаження і підвищення попиту на екологічно чисту продукцію, доцільно зосередити увагу на вирощуванні високоврожайної зернової культури – тритикале

(× *Triticosecale* Wittm.), що є міжвидовим гібридом пшениці (*Triticum* ssp.) та жита (*Secale* ssp.) [1]. Сучасні сорти тритикале характеризуються значним генетичним потенціалом, підвищеною урожайністю зерна та меншою сприйнятливістю до збудників хвороб порівняно з пшеницею [2; 3]. Рослини тритикале визначаються низькими вимогами до ґрунту, води та добрив, відносно стійкі до посухи, низьких температур, а також більш зимостійкі порівняно з пшеницею озимою. У своєму розвитку та проходженні фенофаз тритикале відзначається тими самими стадіями органогенезу, що й пшениця та жито, однак кушиться інтенсивніше [4].

**Мета.** Оцінити рівень урожаю зерна та стабільність означеного показника колекційних зразків тритикале озимого за умов змін агрокліматичних чинників упродовж 2022–2024 рр.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Тритикале – культура подвійного призначення, з підвищеним урожаєм зерна, високим виходом сухої речовини та післяукісною продуктивністю [5]. Потенціал подвійного використання обумовлений посиленням вегетативним ростом рослин, який забезпечується ефективнішим поглинанням і розподілом ресурсів [6].

Показники врожайності сортів тритикале озимого залежать від умов навколишнього середовища на різних фазах періоду вегетації [7]. Фактори навколишнього середовища, як-от температура й опади впливають на фізіологічний розвиток рослин і накопичення поживних речовин [8].

Дослідження генотипів зернових культур у різних агрокліматичних умовах показали істотні коливання коефіцієнта варіації урожайності зерна, що свідчить про неоднакову адаптивність і стабільність сортів. Зокрема, за результатами М.І. Штакал та співавт. визначено середню та високу варіацію врожаю пшениці м'якої озимої (21–32 %) [9]. У порівняльній оцінці генотипів тритипіруму, тритикале та пшениці, проведеної S. Farokhzadeh та співавт., встановлено широкий діапазон коефіцієнта варіації врожайності від 6,67 % (тритикале 4108) до 21,09 % (тритипірум La/b), що свідчить про високу стабільність окремих ліній тритикале та значну чутливість тритипіруму до змін умов вирощування [10]. В умовах напівпосушливого клімату Алжиру Bendada та ін. відзначили варіацію врожайності тритикале на рівні 22,79–42,23 %, підкреслюючи важливість оцінки стабільності врожаю для селекції адаптивних генотипів у стресових умовах [11].

Зростання площ вирощування тритикале у світі пов'язано зі створенням сортів, які вирізняються високою врожайністю, стабільністю та підвищеною стійкістю до різних стресових чинників [12; 13]. Прогрес у селекції тритикале озимого залежить від наявної генетичної мінливості, способу включення бажаних генів у кращі генотипи, а також ефективності відібраних генотипів, ліній [14]. Селекційну роботу зі створення нових сортів, які відповідають заданим параметрам і вимогам виробництва, широко й успішно проводять у 70 країнах світу [15]. Сучасні

напрями селекції спрямовані передусім на підвищення стабільності зернового виробництва, поліпшення якості зерна, покращення зимостійкості сортів та збереження їхніх адаптивних властивостей [16]. Успіх селекції тритикале зумовлений розвитком генетики та впровадженням класичних методів селекції – гібридизації [17].

**Матеріали та методи досліджень.** Дослідження проводили в 2022–2024 рр. у відділі селекції кормових, зернових колосових та технічних культур Інституту кормів та сільського господарства Поділля НААН. Посіви тритикале озимого (*Triticosecale* Witt.) розміщували в семипільній селекційній сівозміні, попередник – гірчиця біла. Технологія вирощування загальноприйнята для зони Лісостепу.

Для проведення досліджень використана колекція у складі 36 гексаплоїдних зразків тритикале озимого різного еколого-географічного походження, отримані з Національного центру генетичних ресурсів рослин України. Сівбу проводили в першій декаді жовтня селекційною сівалкою «Клен-1,5». Площа дослідної ділянки – 10 м<sup>2</sup>, повторність – трьохразова. За стандарт використано високопродуктивний сорт озимого тритикале Богодарське, селекції Інституту кормів та сільського господарства Поділля НААН [18].

Статистичну обробку вихідних даних здійснювали методом дисперсійного аналізу за О. В. Єщенком [19] та за допомогою програмного забезпечення «Agrostat», ППП «IBM SPSS Statistics» та «Microsoft Excel».

Упродовж 2022–2024 рр. спостерігали істотні коливання погодних умов порівняно із середньобаторічними значеннями, що істотно вплинуло на ріст, розвиток і продуктивність зразків тритикале озимого (рис. 1, 2).

Погодні умови 2022 р. загалом відповідали середньобаторічним показникам. Зимово-весняний період вирізнявся помірними температурами, у травні та червні спостерігали підвищення температур, при цьому червень характеризувався надмірною кількістю опадів (124 мм за норми 87 мм). За таких умов середня урожайність становила 5,74 т/га.

У 2023 р. кліматичні умови склалися більш сприятливими для формування високого врожаю зерна зразків тритикале озимого. Весняний період вирізнявся підвищеними температурами та достатньою кількістю опадів у квітні (91,5 мм за середньобаторічних 40 мм), що позитивно вплинуло на розвиток рослин. Хоча у травні спостерігали дефіцит опадів,

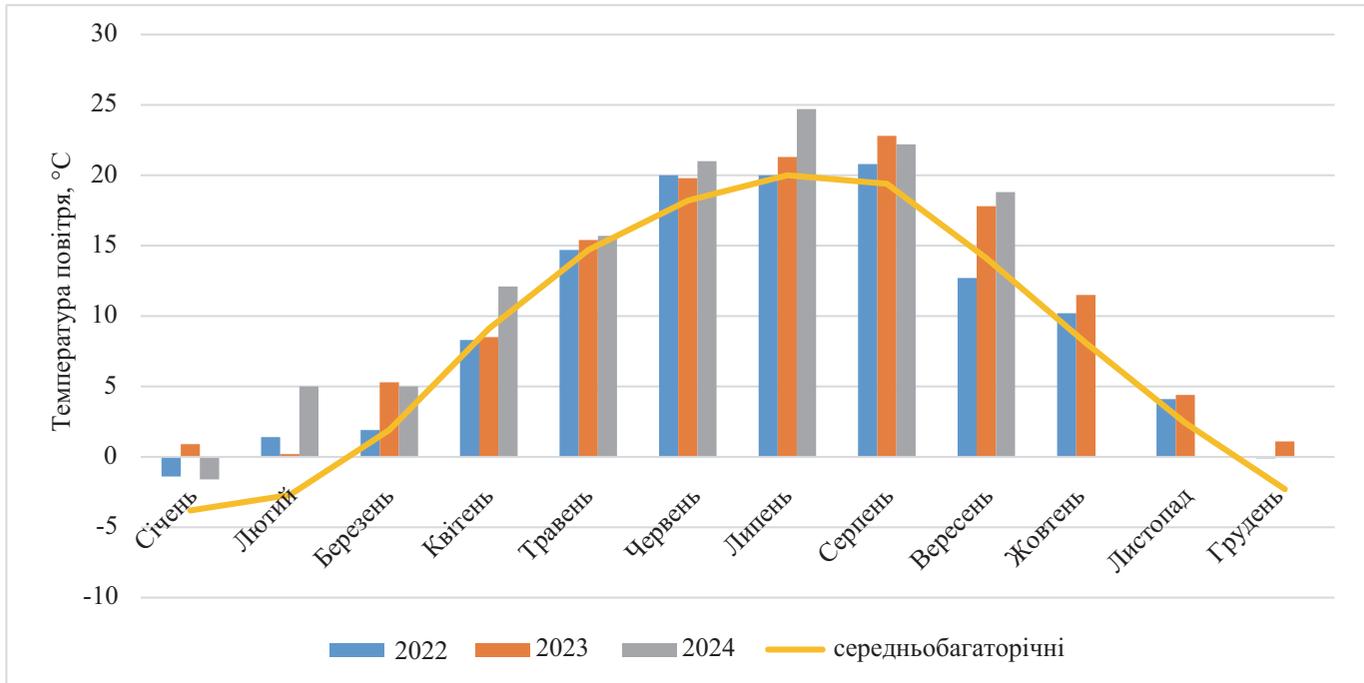


Рис. 1. Температурний режим (°C) за вегетаційний період тритикале озимого (2022–2024 рр.)

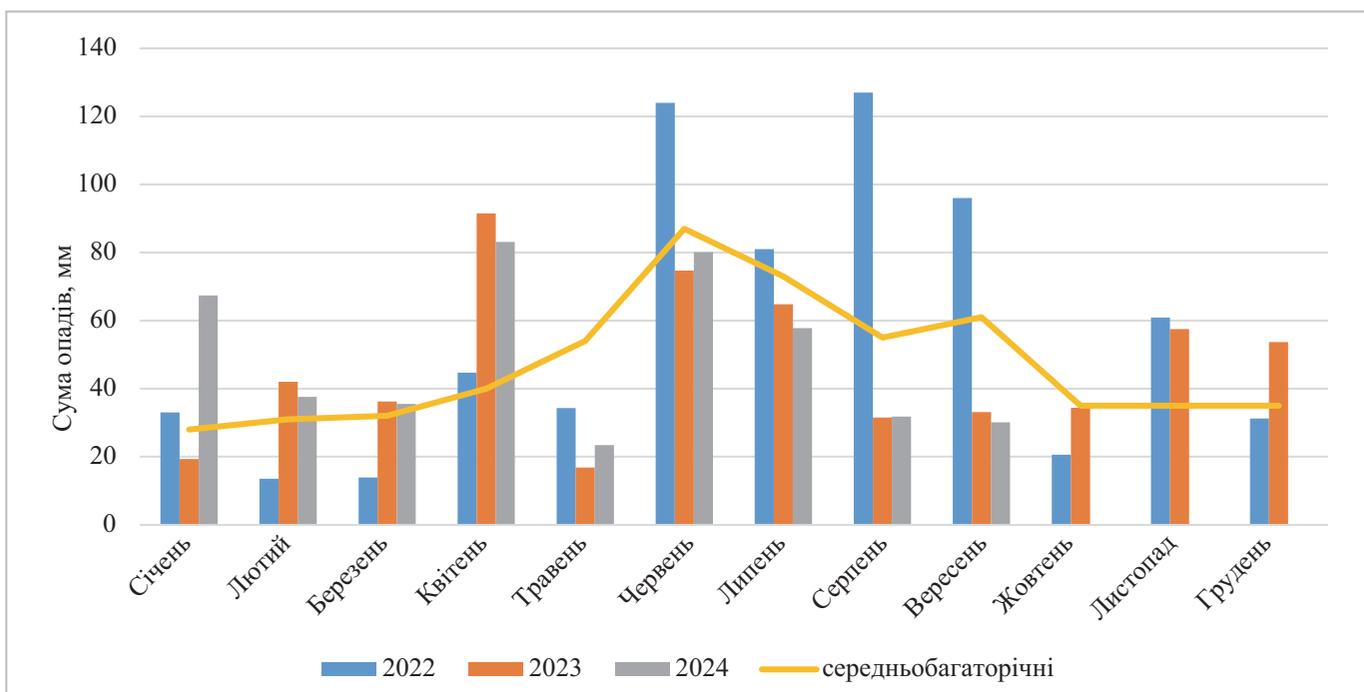


Рис. 2. Сума опадів (мм) за вегетаційний період тритикале озимого (2022–2024 рр.)

загалом гідротермічні умови залишалися оптимальними. Це сприяло досягненню найвищої середньої урожайності за три роки – 6,63 т/га.

Умови вегетаційного періоду 2024 р. були менш сприятливі, ніж попередні роки. Зимовий та весняний період характеризувалися високими температурами, опади у травні були нижчими за норму (23,4 мм проти середньобагаторічних 54 мм). Нестача вологи під час наливу зерна погано вплинула

на врожайність. Як результат, середня урожайність у 2024 р. сягала 5,50 т/га – найнижчий показник за весь досліджуваний період. За результатами досліджень Marcin Rózewicz період розвитку від колосіння до воскової стиглості зерна є особливо критичним. Дефіцит опадів у цей період може спричинити втрати врожаю на 10–20%, тоді як у періоди посіву–воскової стиглості та посіву–збору врожаю – на 12–16 і 1–14% відповідно [20].

**Результати та їх обговорення.** У сучасних агрокліматичних умовах особливої актуальності набуває вирощування сільськогосподарських культур, які поєднують високий потенціал урожайності, адаптивність до несприятливих чинників середовища та стійкість до основних грибкових захворювань. Однією з таких культур є тритикале, впровадження якого у виробництво розглядається як вагомий резерв підвищення загального рівня зернового виробництва [21].

Формування зернової продуктивності є складним багаторівневим процесом, що визначається сукупністю взаємопов'язаних морфологічних і фізіолого-біохімічних ознак, на які істотно впливають зовнішні чинники, зокрема погодні умови та біологічні особливості генотипу [22].

Упродовж 2022–2024 рр. проведено оцінку 36 зразків тритикале озимого за показниками зернової продуктивності, що дало змогу виділити генотипи з підвищеним потенціалом урожайності та адаптивністю до мінливих кліматичних умов (рис. 3).

Одержані дані свідчать про значну варіативність урожаю зерна колекційних зразків тритикале озимого за роками. У 2022 р. середнє значення означеного показника визначено на рівні 5,74 т/га, в 2023 р. спостерігали зростання до 6,63 т/га, тоді як у 2024 р. урожайність знизилась до 5,50 т/га. Це свідчить про відчутну реакцію досліджуваних зразків на зміну кліматичних умов року дослідження, зокрема, на дефіцит вологи, температурні стреси в критичні фази органогенезу та підвищений рівень ураження збудниками листових хвороб у 2024 р. За результатами дослідження В. В. Любича встановлено, що на формування врожаю зерна тритикале значно впливають як погодні умови вегетаційного періоду, так і генетичні особливості сорту [21].

Визначено, що в середньому за три роки досліджень урожайність зразків тритикале озимого варіювала від 4,4 т/га (НТН 3476) до 8,0 т/га (Бета), середній показник для всіх зразків становив 5,96 т/га. Виділено зразки з найбільшим потенціалом зернової продуктивності – Бета (8,0 т/га), Ярослава (7,6 т/га), Гермес (7,2 т/га), Сергій (7,1 т/га), Нина (7,1 т/га), Десятинне (7,1 т/га), Salto (7,0 т/га) та Remico (7,0 т/га), що перевищили стандартний сорт Богодарське (6,6 т/га) на 0,4–1,4 т/га. Означені зразки можна використовувати, як донори ознак високої врожайності зерна та адаптивності для подальших селекційних програм. Найнижчу врожайність у середньому за

три роки визначено в зразків – НТН 3476 (4,4 т/га), Хлебороб, Тит (4,5 т/га), НТН 1933 (4,6 т/га) та Цекад 90 (4,8 т/га). Такий результат обумовлений низькою стійкістю означених зразків до стресових кліматичних умов, як-от дефіцит вологи, температурні коливання та підвищену сприйнятливість до ураження збудниками листових хвороб.

Виявили також значну варіацію врожаю зерна зразків тритикале озимого за роками досліджень. У 2022 р. максимальне значення означеного показника відмічено в зразка Ярослава (8,3 т/га) мінімальне – Стратег (3,4 т/га). Найвищий урожай зерна також визначено в зразка Ярослава (8,3 т/га) 2023 р., що свідчить про його стабільний генетичний потенціал, а мінімальне – НТН 1933, НТН 3476 (4,2 т/га). У 2024 р. високий рівень урожаю зерна встановлено в сорту Нина (8,6 т/га), низький – Цекад 22 (3,5 т/га).

Рівень мінливості урожайності зерна зразків тритикале озимого представлено за допомогою коефіцієнта варіації, який коливався від 3,6% до 35,6%, що вказує на істотну генотипову реакцію зразків на зміну агрокліматичних умов (рис. 4).

За результатами досліджень виділено зразки із слабкою мінливістю урожайності, які характеризуються високою стабільністю прояву ознаки за умов різних років – Святозар (3,6%), Обрій миронівський (6,1%), Никанор (6,7%), НТН 3476 (7,3%), Salto (7,6%), Маяк (7,9%) та Бета (9,5%). Стабільний прояв урожаю зерна означених генотипів підтверджує про їх добру адаптацію до гідротермічних змін. Визначені зразки можна залучати як вихідний матеріал для створення сортів, здатних зберігати високий рівень урожайності за різних кліматичних умов, що особливо актуально в умовах глобальних змін клімату.

Середній рівень варіації (11–25%) відмічено для більшості зразків, що свідчить про їх відносну адаптивність до змін умов вирощування. Зокрема, генотипи Maestro, Гермес, Сергій, Remico, Павлодарський, Наварра поєднували підвищений рівень урожайності з помірною мінливістю, що зумовлює їх високу цінність як вихідного матеріалу для селекції на адаптивність.

Значну варіацію ( $V > 25\%$ ) визначено у зразків – Стратег (35,6%), Цекад 22 (31%), Кастусь (29%), Сибирський (28,3%), Ярослава (24,4%), Бард (26,1%). Означені зразки сприйнятливі до змін зовнішніх чинників, зокрема погодних умов у критичні фази розвитку, що негативно впливає на стабільність

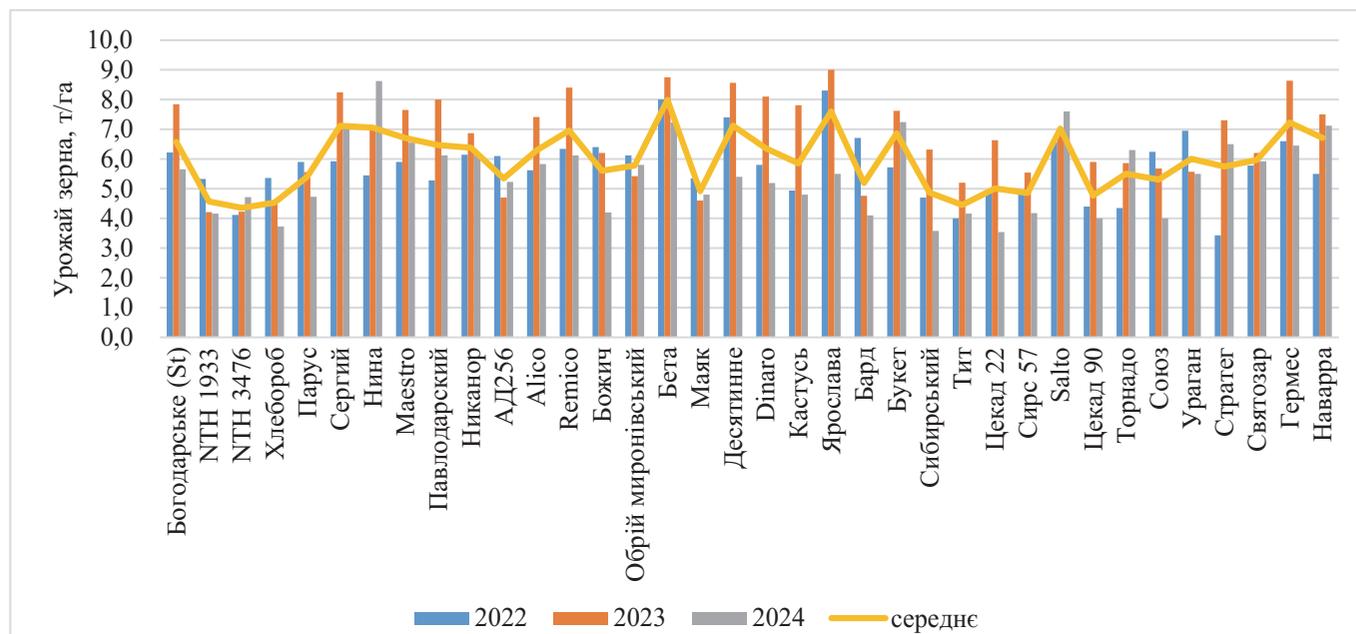


Рис. 3. Урожай зерна колекційних зразків тритикале озимого 2022–2024 рр. та середній рівень прояву ознаки

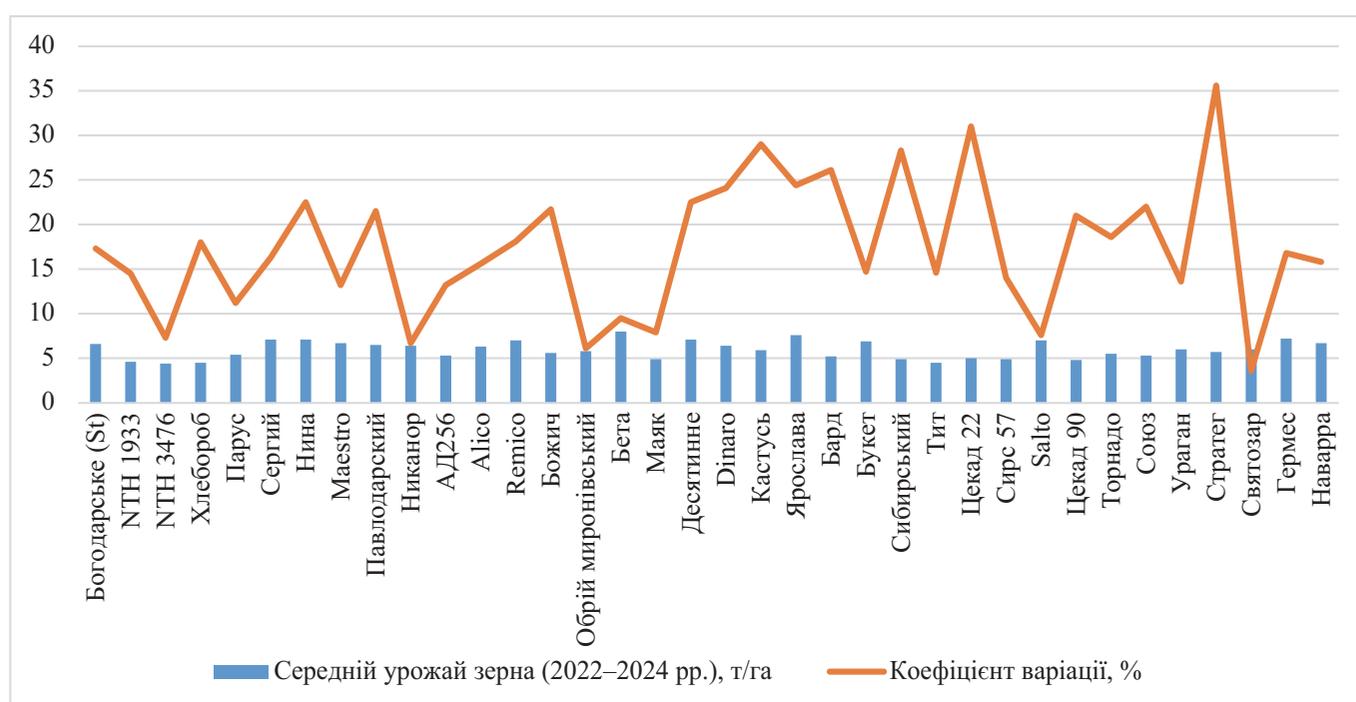


Рис. 4. Коефіцієнт варіації урожаю зерна колекційних зразків тритикале озимого

їхньої урожайності. Вони можуть бути цінними для селекції на високу адаптивність за участі стресових тестів, однак потребують подальшого вивчення в контрастних умовах.

Одержані результати аналізу варіації підкреслюють важливість урахування не лише потенційного рівня врожайності, а й стабільності її реалізації у змінних кліматичних умовах, що є ключовим критерієм у сучасній селекції на адаптивність і екологічну пластичність сортів тритикале озимого.

Отримані результати дають можливість не лише ідентифікувати високопродуктивні зразки, а й обґрунтовано відібрати вихідний матеріал для подальшої селекційної роботи, спрямованої на створення сортів тритикале озимого з підвищеним рівнем урожайності та адаптивності. Зразки з поєднанням високого рівня продуктивності та низької/середньої варіації доцільно розглядати як перспективні донори у селекції на стабільну урожайність в умовах змінного клімату.

**ВИСНОВКИ**

Визначено значну генотипову мінливість урожайності тритикале озимого під впливом агрокліматичних чинників упродовж трьох років. Виявлено, що зразки з високим урожаєм зерна, такі як Бета, Ярослава та Гермес, одночасно демонструють високу стабільність ознаки, що робить їх цінними для подальшого використання у селекційних програмах. Генотипи зі значною мінливістю за урожайністю зерна потребують додаткового вивчення,

зокрема у стресових умовах, для розкриття потенціалу адаптивності та формування стійких сортів. Виділені генотипи можуть слугувати основою для створення сортів озимого тритикале, здатних забезпечити стабільний урожай у сучасних умовах кліматичних змін, що сприятиме підвищенню продовольчої безпеки. Подальші дослідження будуть спрямовані на глибше вивчення механізмів стресостійкості зразків та впровадження їх у селекційний процес.

**ЛІТЕРАТУРА**

1. Кириченко В.В., Щипак Г.В., Кобизєва Л.Н., Святченко С.І. Сучасна селекція високоврожайних сортів тритикале з поліпшеною якістю зерна. *Вісник аграрної науки*. 2021. 3 (828). С.52–61. doi:10.31073/agrovisnyk202203-07.
2. Szempliński W., Dubis B., Lachutta K.M., & Janowski K.J. Energy optimization in different production technologies of winter triticale grain. *Energies*. 2021. 14 (4). P.1003. doi:10.3390/en14041003.
3. Derejko, A.; Studnicki, M.; Wójcik-Gront, E.; Gacek, E. Adaptive grain yield patterns of *Triticale* ( $\times$ *Triticosecale* Wittmack) cultivars in six regions of Poland. *Agronomy*. 2020. 10. P. 415. doi:10.3390/agronomy10030415.
4. Gamayunova V.V., Chaikina O.I. Optimization of nutrition and accumulation of aboveground biomass by triticale plants . Achievements of Ukraine and the EU in ecology, biology, chemistry, geography and agricultural sciences: Collective monograph. Riga, Latvia : «Baltija Publishing». 2021. 1163 p. P. 177–194. doi:10.30525/978-9934-26-086-5-9.
5. Upreti, S., Ghimire, R.P., Singh, N., Bhandari, G., & Banskota, N. Production Performance and Nutrient Composition of Fodder Triticale ( $\times$  *Triticosecale* W.). *Journal of Nepal Agricultural Research Council*. 2022. 8. P.101–114. doi:10.3126/jnarc.v8i.44871.
6. Marcos-Barbero, E.L.; Pérez, P.; Martínez-Carrasco, R.; Arellano, J.B.; Morcuende, R. Screening for higher grain yield and biomass among sixty bread wheat genotypes grown under elevated CO<sub>2</sub> and high-temperature conditions. *Plants*. 2021. 10. P.1596. doi:10.3390/plants10081596.
7. Faccini N., Morcia C., Terzi V., Rizza F., & Badeck F. W. Triticale in Italy. *Biology*. 2023. 12(10). P.1308. doi:10.3390/biology12101308.
8. Cui L., Xu L., Wang H., Fan X., Yan C., Zhang Y., & Li H. Evaluation of Dual-Purpose Triticale: Grain and Forage Productivity and Quality Under Semi-Arid Conditions. *Agronomy*. 2025. 15 (4). 881. doi:10.3390/agronomy15040881.
9. Штакал М., Голик Л., Левченко О., Шпакович І., Іващенко С. Оцінювання сортів і ліній пшениці озимої за стабільною врожайністю та адаптивністю в умовах зміни клімату Лісостепу. *Вісник аграрної науки*. 2022. 100(3). 62–69. doi: 10.31073/agrovisnyk202203-08.
10. Farokhzadeh S., Shahsavand Hassani H., Mohammadi-Nejad G., & Zinati Z. Evaluation of grain yield stability of tritipyrum as a novel cereal in comparison with triticale lines and bread wheat varieties through univariate and multivariate parametric methods. *Plos one*. 2022. 17(9). doi:10.1371/journal.pone.0274588.
11. Bendada H., Guendouz A., Labad R., Benniou R., Mehanni O., & Selloum S. Analysis of grain yield stability of triticale ( $\times$  *Triticosecale* wittmack) based on the some parametric and non-parametric index under semi-arid conditions. *International Journal of Bio-resource and Stress Management*. 2022. 13(10). P.1076–1083. doi: 10.23910/1.2022.3221.
12. Mohammadi Alagoz S., Hadi H., Toorchi M., Pawłowski T. A., Asgari Lajayer B., Price G. W., Astatkie T. Morpho-physiological responses and growth indices of triticale to drought and salt stresses. *Scientific Reports*. 2023. 13(1). P. 8896.
13. Єгупова Т.В., Романюк П.В. Сучасні технології вирощування тритикале озимого в Правобережному Лісостепу. *Вісник аграрної науки*. 2020. 7 (808). С. 31–37. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202007-04>.
14. Babić, V., Rajičić, V., & Đurić, N. (2021). Economic significance, nutritional value and application of triticale. *Economics of Agriculture*. 2021. 4. P. 1089–1107. doi:10.5937/ekoPolj2104089B.

15. Левченко О.С., Голик Л.М., Штакал М.І., Березовський О.В. Створення сортів тритикале озимого різного цільового призначення. *Вісник аграрної науки*. 2023. 12 (849). С. 58–63. doi:10.31073/agrovisnyk202312-08.
16. Кириченко В.В., Щипак Г.В., Кобизєва Л.Н., Святченко С.І. Сучасна селекція високоврожайних сортів тритикале з поліпшеною якістю зерна. *Вісник аграрної науки*. 2021. 3 (828). С. 52–61. doi:10.31073/agrovisnyk202203-07.
17. Babaytseva T.A., Solovyeva M.V., Kolesnikova V.G., & Vafina E.F. Efficiency of methods for selecting elite winter triticale plants and evaluating their offspring in a breeding nursery. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2022. P. 949. doi:10.1088/1755-1315/949/1/012075.
18. Волкодав В.В. Методика державного сортовипробування сільськогосподарських культур. Київ : Державна комісія України по випробуванню та охороні сортів рослин, 2001. Вип. 2. 68 с.
19. Єщенко В.О., Копитко П.Г., Опришко В.П., Костогриз П.В. Основи наукових досліджень в агрономії. Київ, Дія. 2005. 288 с.
20. Rózewicz, M. Yield, grain quality and potential use of triticale in Poland. *Polish Journal of Agronomy*. 2022. 49. 9-19. doi:10.26114/pja.iung.487.2022.49.02.
21. Любич В.В. Селекційна цінність нових сортів тритикале ярого. *Збірник Уманського НУС*. 2021. Вип. 98. С. 7–20. doi:10.31395/2415-8240-2021-98-1-7-20.
22. Іщенко В.А. Вплив сортових особливостей та добрив на зернову продуктивність тритикале ярого. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*. 2021. 34. С. 19–25. doi:10.37406/2706-9052-2021-1-2.

## REFERENCES

1. Kyrychenko V.V., Shchypak H.V., Kobyzieva L.N., Cviatchenko S.I. (2021). Suchasna selektsiia vysokovrozhainykh sortiv trytykale z polipshenoju yakistiuz zerna [Modern breeding of high-yielding triticale varieties with improved grain quality]. *Visnyk ah-rarnoi nauky*, 3 (828), 52–61. doi:10.31073/agrovisnyk202203-07 [in Ukrainian].
2. Szempliński W., Dubis B., Lachutta K. M., & Jan-kowski K. J. (2021). Energy optimization in different production technologies of winter triticale grain. *Energies*, 14 (4), 1003. doi:10.3390/en14041003 [in English].
3. Derejko, A.; Studnicki, M.; Wójcik-Gront, E.; Gacek, E. (2020). Adaptive grain yield patterns of *Triticale* (*×Triticosecale* Wittmack) cultivars in six regions of Poland. *Agronomy*, 10, 415. doi:10.3390/agronomy10030415 [in English].
4. Gamayunova V.V., Chaikina O.I. (2021). Optimization of nutrition and accumulation of aboveground biomass by triticale plants // Achievements of Ukraine and the EU in ecology, biology, chemistry, geography and agricultural sciences: Collective monograph. Riga, Latvia : «Baltija Publishing», 1163, 177–194. doi:10.30525/978-9934-26-086-5-9 [in English].
5. Upreti, S., Ghimire, R.P., Singh, N., Bhandari, G., & Banskota, N. (2022). Production Performance and Nutrient Composition of Fodder Triticale (*×Triticosecale* W.). *Journal of Nepal Agricultural Research Council*, 8, 101–114. doi:10.3126/jnarc.v8i.44871 [in English].
6. Marcos-Barbero, E.L.; Pérez, P.; Martínez-Carrasco, R.; Arellano, J.B.; Morcuende, R. (2021). Screening for higher grain yield and biomass among sixty bread wheat genotypes grown under elevated CO<sub>2</sub> and high-temperature conditions. *Plants*, 10, 1596. doi:10.3390/plants10081596 [in English].
7. Faccini N., Morcia C., Terzi V., Rizza F., & Badeck F. W. (2023). Triticale in Italy. *Biology*, 12(10), 1308. doi:10.3390/biology12101308 [in English].
8. Cui L., Xu L., Wang H., Fan X., Yan C., Zhang Y., & Li H. (2025). Evaluation of Dual-Purpose Triticale: Grain and Forage Productivity and Quality Under Semi-Arid Conditions. *Agronomy*, 15 (4), 881. doi:10.3390/agronomy15040881 [in English].
9. Shtakal M., Holyk L., Levchenko O., Shpakovych I., Ivashchenko S. (2022). Otsiniuvannia sortiv i linii pshenytsi ozymoi za stabilnoiu vrozhainistiu ta adaptivnistiu v umovakh zminy klimatu Lisostepu [Evaluation of winter wheat varieties and lines for stable yield and adaptability in the conditions of climate change in the Forest-Steppe]. *Visnyk ah-rarnoi nauky*, 100 (3), 62–69. doi:10.31073/agrovisnyk202203-08 [in Ukrainian].
10. Farokhzadeh S., Shahsavand Hassani H., Mohammadi-Nejad G., & Zinati Z. (2022). Evaluation of grain yield stability of tritipyrum as a novel cereal in comparison with triticale lines and bread wheat varieties through univariate and multivariate parametric methods. *Plos one*, 17 (9). doi:10.1371/journal.pone.0274588 [in English].

11. Bendada H., Guendouz A., Labad R., Benniou R., Mehanni O., & Selloum, S. (2022). Analysis of grain yield stability of triticale ( $\times$  Triticosecale wittmack) based on the some parametric and non-parametric index under semi-arid conditions. *International Journal of Bio-resource and Stress Management*, 13(10), 1076–1083. doi: 10.23910/1.2022.3221 [in English].
12. Mohammadi Alagoz S., Hadi H., Toorchi M., Pawłowski T. A., Asgari Lajayer B., Price G. W., Astatkie T. (2023). Morpho-physiological responses and growth indices of triticale to drought and salt stresses. *Scientific Reports*, 13(1), 8896 [in English].
13. Yehupova T.V., Romaniuk P.V. (2020). Suchasni tekhnologii vyroshchuvannya trytykale ozymoho v Pravoberezhnomu Lisostepu [Modern technologies for growing winter triticale in the Right-Bank Forest-Steppe]. *Visnyk ahrarnoi nauky*, 7 (808), 31–37. doi:https://doi.org/10.31073/agrovisnyk 202007-04 [in Ukrainian].
14. Babić, V., Rajičić, V., & Đurić, N. (2021). Economic significance, nutritional value and application of triticale. *Economics of Agriculture*, 4, 1089–1107. doi:10.5937/ekoPolj2104089B [in English].
15. Levchenko O.S., Holyk L.M., Shtakal M.I., Berezovskyi O.V. (2023). Stvorennia sortiv trytykale ozymoho riznogo tsilovoho pryznachennia [Creation of winter triticale varieties for various purposes]. *Visnyk ahrarnoi nauky*, 12 (849), 58–63. doi:10.31073/agrovisnyk202312-08 [in Ukrainian].
16. Kyrychenko V.V., Shchypak H.V., Kobyzieva L.N., Cviatchenko S.I. (2021). Suchasna selektsiia vysokovrozhainykh sortiv trytykale z polipshenoii yakistiu zerna [Modern breeding of high-yielding triticale varieties with improved grain quality]. *Visnyk ahrarnoi nauky*, 3 (828), 52–61. doi:10.31073/agrovisnyk202203-07. [in Ukrainian].
17. Babaytseva T.A., Solovyeva M.V., Kolesnikova V.G., & Vafina E.F. (2022). Efficiency of methods for selecting elite winter triticale plants and evaluating their offspring in a breeding nursery. *In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 949. doi:10.1088/1755-1315/949/1/012075 [in English].
18. Volkodav V.V. (2001). Metodyka derzhavnogo sortovyprobuvannia silskohospodarskykh kultur [Methodology of state variety testing of agricultural crops]. Kyiv : Derzhavna komisiiia Ukrainy po vyprobuvanniu ta okhoroni sortiv roslyn, 2, 68 [in Ukrainian].
19. Yeshchenko V.O., Kopytko P.H., Opryshko V.P., Kostohryz P.V. (2005). Osnovy naukovykh doslidzhen v ahronomii [Fundamentals of scientific research in agronomy]. Kyiv, Diia, 288 [in Ukrainian].
20. Różewicz, M. (2022). Yield, grain quality and potential use of triticale in Poland. *Polish Journal of Agronomy*, 49, 9–19. doi:10.26114/pja.iung.487.2022.49.02 [in English].
21. Liubych V.V. (2021). Seleksiina tsinnist novykh sortiv trytykale yaroho [Seleksiina tsinnist novykh sortiv trytykale yaroho]. *Zbirnyk Umanskoho NUS*, 98, 7–20. doi:10.31395/2415-8240-2021-98-1-7-20 [in Ukrainian].
22. Ishchenko V.A. (2021). Vplyv sortovykh osoblyvostei ta dobryv na zernovu produktyvnist trytykale yaroho [The influence of varietal characteristics and fertilizers on the grain yield of spring triticale]. *Podilskyi visnyk: silske gospodarstvo, tekhnika, ekonomika*, 34, 19–25. doi:10.37406/2706-9052-2021-1-2 [in Ukrainian].

**Tromsiuk V.D., Veklenko Yu.A.**

#### ***Evaluation of winter triticale starting material for breeding to increase grain yield***

**Aim.** To assess the grain yield and stability of this indicator in winter triticale collection samples under changing agroclimatic conditions during 2022–2024. **Methods.** Field, statistical, laboratory. **Results.** Over three years of research, the yield of winter triticale samples varied from 4.4 t/ha (NTH 3476) to 8.0 t/ha (Beta), with an average of 5.96 t/ha. The samples with the highest grain productivity potential were identified: Beta, Yaroslav, Hermes, Sergiy, Nina, Desyatynne, Salto, and Remico, which exceeded the standard variety Bogodarskoe (6.6 t/ha) by 0.4–1.4 t/ha. Samples with the lowest yields – NTH 3476, Khlaborob, Tit, NTH 1933, and Tsekad 90 – showed low adaptability to climatic stresses. Significant variation in grain yield was observed over the years of research, which is due to the response of genotypes to changes in weather conditions. Yield stability was assessed by the coefficient of variation, which ranged from 3.6% to 35.6%. High stability of the trait ( $V < 10\%$ ) was determined in the samples Svyatozar, Obriy Myronivsky, NTH 3476, Salto, and Beta. Genotypes with moderate variation (11–25%) combined relatively high productivity and good adaptability. Samples with significant variation ( $>25\%$ ) are sensitive to agroclimatic fluctuations, but may be valuable in breeding for adaptability. The study confirmed the importance of breeding varieties with increased stress resistance to ensure stable grain production. The importance of yield stability is particularly relevant in the context of global climate change and frequent weather

*anomalies. The results obtained can serve as a scientific basis for further improvement of winter triticale breeding programs. Conclusions. Winter triticale genotypes with high and stable yields have been identified, which are suitable for use as source material for the creation of varieties capable of maintaining high grain yields under conditions of climate change.*

**Key words:** *sample, grain yield, coefficient of variation, stability, variability, weather conditions.*

#### ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

**Тромсюк В.Д.**, кандидат сільськогосподарських наук, Інститут кормів та сільського господарства Поділля НААН, e-mail: a08095@ukr.net, ORCID: 0000-0003-4741-6284.

**Векленко Ю.А.**, кандидат сільськогосподарських наук, Інститут кормів та сільського господарства Поділля НААН, e-mail: yuri.veklenko@gmail.com, ORCID: 0000-0003-0560-261X.

-----  
**Tromsiuk V.D.**, Candidate of Agricultural Sciences, Institute of Feed and Agriculture of Podillya NAAS, e-mail: a08095@ukr.net, ORCID: 0000-0003-4741-6284.

-----  
**Veklenko Yu.A.**, Candidate of Agricultural Sciences, Institute of Feed and Agriculture of Podillya NAAS, e-mail: yuri.veklenko@gmail.com, ORCID: 0000-0003-0560-261X.

*Надійшла 19.05.2025*

## КОМБІНАЦІЙНА ЗДАТНІСТЬ БАТЬКІВСЬКИХ КОМПОНЕНТІВ ГІБРИДІВ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ ЗА ГОСПОДАРСЬКО-ЦІННИМИ ОЗНАКАМИ

А. Ю. Раков, Ю. М. Дмитренко

Національний університет біоресурсів і природокористування України (м. Київ, Україна)

**Мета.** Виявити перспективні комбінації для подальшого використання в гетерозисній селекції. **Методи.** Для досліджень використано 10 колекційних зразків пшениці м'якої озимої, на основі яких методом гібридизації отримано 25 експериментальних гібридів. Дослідження проводили у 2023–2024 рр. на базі ВП НУБіП України «Агрономічна дослідна станція» в умовах Лісостепу України. Оцінювали коефіцієнт продуктивного куцання, масу 1000 зерен, вміст білка, сирової клейковини та врожайність. **Результати.** Результати свідчать про значну варіабельність досліджуваних ознак серед батьківських форм і гібридного потомства, що вказує на реалізацію гетерозисного ефекту та наявність істотних генотипових взаємодій. Високі значення варіанс СКЗ за поєднання ознак продуктивності та якості зерна виявлено у комбінацій Тайра/Urbanus, Зореслава/Mescal, Altigo/Київська 17, Соборна/Mescal, Соборна/Лірика Білоцерківська та Метелиця Харківська/Лірика Білоцерківська. Високі значення варіанс ЗКЗ серед ліній визначено у зразків Метелиця Харківська та Altigo, а серед тестерів – Mescal, Urbanus і Лірика Білоцерківська. **Висновки.** Отримані результати підтверджують доцільність подальшого використання досліджених батьківських форм у програмах створення високопродуктивних гібридів пшениці озимої з покращеними хлібопекарськими властивостями.

**Ключові слова:** гетерозис, селекція, гібридні комбінації, коефіцієнт продуктивного куцання, маса 1000 зерен, вміст білка, вміст сирової клейковини.

**Вступ.** У сучасних умовах пшениця набула значного стратегічного значення, особливо в контексті зростання її економічної та соціально-політичної ролі. Підвищення врожайності та нарощування обсягів виробництва зерна пшениці є надзвичайно актуальними завданнями, зважаючи на її статус основної хлібної культури в Україні. Продукти переробки зерна пшениці становлять основу харчування для понад 35% населення світу (Шелепов, Гаврилюк, & Чебаков, 2007).

Гібридні форми пшениці проявляють низку господарсько-цінних ознак. Зокрема, спостерігається середній приріст урожайності до 2,05 т/га (що становить 10–20% порівняно з лінійними сортами), поліпшення хлібопекарських властивостей зерна, ефективніше використання добрив, вищу здатність кореневої системи до проникнення в ґрунт, а також підвищену інтенсивність і тривалість наливу зерна (Gowda, Kling, Wurschum, & Reif, 2010) (Longin, та ін., 2012).

Крім того, гібридам пшениці характерна вища стабільність врожайності порівняно з лінійними сортами, що розширює їх придатність до вирощування

в різних агроекологічних умовах (Gowda, Kling, Wurschum, & Reif, 2010) (Muhleisen, Piepho, Maurer, Longin, & Reif, 2014). Для пшениці озимої також підтверджено прояв гетерозису за ознаками стійкості до абіотичних та біотичних стресових чинників, зокрема морозостійкості, а також стійкості проти збудників бурого іржі, жовтої іржі, септоріозу та борошнистої роси (Longin, та ін., 2012). Серед додаткових переваг гібридів – підвищена стійкість до вилягання та рівномірна схожість рослин (Gupta, et al., 2019).

Попри складність насінництва гібридних форм, гетерозисну селекцію розглядають як перспективний напрям у селекції пшениці, здатний істотно підвищити продуктивність культури та зробити вагомий внесок у забезпечення продовольчої безпеки України (Рябовол, 2014).

**Метою** досліджень було оцінити загальну та специфічну комбінаційну здатність батьківських компонентів гібридів пшениці м'якої озимої за цінними господарськими ознаками, з метою виявлення перспективних комбінацій для подальшого використання в гетерозисній селекції.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Широкомасштабні дослідження з вивчення ефектів гетерозису у пшениці м'якої розпочато у 1970-х р. XX ст. (Elfadl, Kling, & Melchinger, 2006). У поколінні F<sub>1</sub> ефект гетерозису може проявлятися за всіма основними елементами структури врожайності, однак найвищий рівень спостерігають за такими ознаками, як продуктивне кушення, маса зерна з одного колоса або з рослини, а також маса 1000 зерен (Koemel, Guenzi, & Carver, 2004).

У селекційній практиці розрізняють два основні типи комбінаційної здатності – загальну (ЗКЗ) та специфічну (СКЗ). Загальна комбінаційна здатність характеризує середній рівень гетерозису, що проявляється у результаті схрещування конкретного генотипу з певною кількістю інших генотипів. Вона відображає здатність генотипу формувати високопродуктивні гібриди в різних комбінаціях схрещувань. Натомість специфічна комбінаційна здатність виявляється як відхилення показників окремої гібридної комбінації від середнього рівня гетерозису, очікуваного на основі ЗКЗ батьківських форм. Високі або низькі значення СКЗ свідчать про специфічну взаємодію між конкретними генотипами, що може призводити до підвищення або зниження очікуваного гібридного ефекту (Бакуменко, Осьмачко, & Власенко, 2019).

**Матеріали та методи досліджень.** Дослідження селекційного матеріалу проводили упродовж 2023–2024 рр. на дослідних полях кафедри генетики, селекції і насінництва імені професора М. О. Зеленського Відокремленого підрозділу Національного університету біоресурсів і природокористування України «Агрономічна дослідна станція». Агротехнічні заходи здійснювались відповідно до загальноприйнятої технології вирощування пшениці м'якої озимої для умов Лісостепу України та були спрямовані на створення оптимальних умов для росту й розвитку рослин.

Матеріалом досліджень були 10 колекційних зразків пшениці м'якої озимої вітчизняної та іноземної

селекції одержані з Національного центру генетичних ресурсів рослин України та 25 експериментальних гібридів першого покоління.

У межах попередніх досліджень було здійснено оцінювання 10 колекційних зразків пшениці за основними критеріями, що висувають до батьківських компонентів, зокрема за показниками висоти рослин, строками колосіння, балом викидання пиляків, урожайністю та іншими агрономічно важливими ознаками. На основі отриманих результатів сформована схема схрещувань колекційних зразків пшениці м'якої озимої методом топкросів (табл. 1), відповідно до якої створено 25 експериментальних гібридів, результати вивчення яких подано в цій статті.

Досліди в колекційному розсаднику закладали на однорядкових облікових ділянках довжиною 1,2 м шляхом ручного висіву із триразовою повторністю.

Оцінювання коефіцієнта продуктивного кушення та маси 1000 зерен здійснювали відповідно до Методики проведення експертизи сортів рослин групи зернових, круп'яних та зернобобових на придатність до поширення в Україні, затвердженої Українським інститутом експертизи сортів рослин (УІЕСР) (Корзун, 2016).

Вміст білка та сирової клейковини визначався на приладі Perten DA 7250 (ДСТУ EN ISO 12099:2022).

Статистичну обробку результатів польових і лабораторних досліджень та визначення ефектів ЗКЗ та СКЗ здійснювали методами варіаційної статистики та дисперсійного аналізу з використанням пакета прикладних програм Microsoft Excel 2016 (Сич, Жемойда, & Сидорка, 2004).

**Результати та їх обговорення.** Коефіцієнт продуктивного кушення є одним із головних елементів, що визначає рівень урожайності пшениці озимої, оскільки відображає здатність рослин формувати продуктивні пагони. За результатами досліджень продуктивного кушення батьківських форм і гібридних комбінацій, встановлено значну варіабельність цього показника – від 2,3 до 5,3 продуктивних пагонів на рослину (рис. 1).

**Таблиця 1.** Схема схрещувань колекційних зразків пшениці м'якої озимої методом топкросів

♂ / ♀	Mescal	Ювілейна Патона	Urbanus	Лірика Білоцерківська	Київська 17
Altigo	+	+	+	+	+
Соборна	+	+	+	+	+
Тайра	+	+	+	+	+
Зореслава	+	+	+	+	+
Метелиця Харківська	+	+	+	+	+

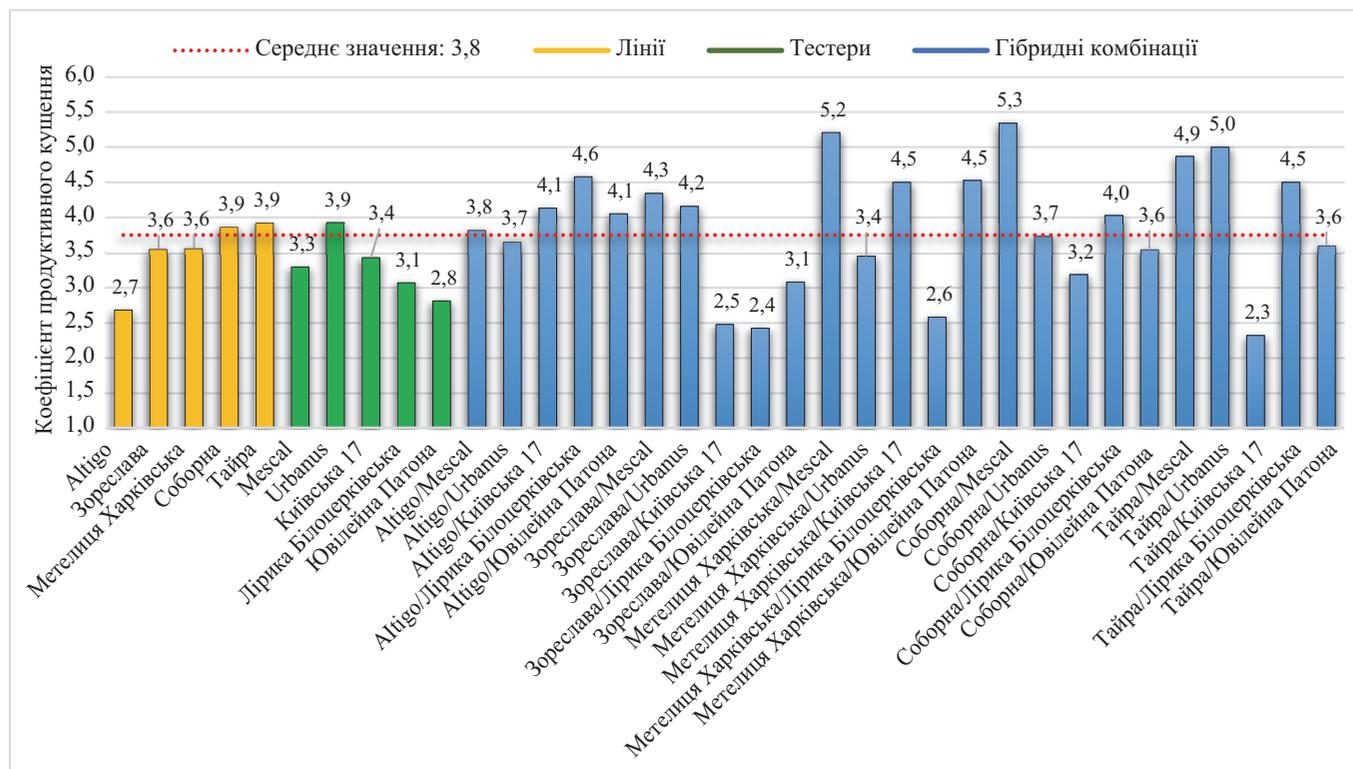


Рис. 1. Коефіцієнт продуктивного кушення батьківських компонентів та експериментальних гібридів пшениці м'якої озимої

Це свідчить про наявність істотної генетичної різниці між досліджуваними зразками за здатністю формувати продуктивні пагони.

Серед гібридів найвищі значення коефіцієнта продуктивного кушення встановлено у комбінації Соборна/Mescal (5,3), Метелиця Харківська/Mescal (5,2), Тайра/Urbanus (5,0) і Тайра/Mescal (4,9), що свідчить про високий рівень взаємодії батьківських форм та перспективність їх для подальшої гетерозисної селекції. Натомість найнижчі показники спостерігали у гібридів Тайра/Київська 17 (2,3) та Зореслава/Лірика Білоцерківська (2,4), що може вказувати

на обмежену комбінаційну здатність зазначених генотипів. Загалом, частина гібридів значно перевищила рівень батьківських форм, що підтверджує ефективність підбору батьківських пар.

За результатами розрахунку варіанс специфічної комбінаційної здатності за коефіцієнтом продуктивного кушення (табл. 2) виявлено гібридні комбінації з високими позитивними ефектами, що свідчить про наявність сприятливої специфічної взаємодії батьківських компонентів.

Найвищі значення СКЗ і достовірне перевищення НІР відзначено у комбінації Тайра/Urbanus (0,83),

Таблиця 2. Варіанси СКЗ експериментальних гібридів пшениці м'якої озимої за коефіцієнтом продуктивного кушення

Лінія	Тестер				
	Mescal	Urbanus	Київська 17	Лірика Білоцерківська	Ювілейна Патона
Altigo	-1,06*	-0,51*	0,65*	0,79*	0,13
Зореслава	0,22	0,75*	-0,26	-0,61*	-0,09
Метелиця Харківська	0,33*	-0,72*	1,01*	-1,21*	0,59*
Соборна	0,54*	-0,35*	-0,22	0,32	-0,29
Тайра	-0,02	0,83*	-1,18*	0,71*	-0,33*
НІР <sub>05</sub>	0,32				

Примітка. \* – значення, що достовірно перевищують контроль за показником НІР ( $p \leq 0,05$ ).

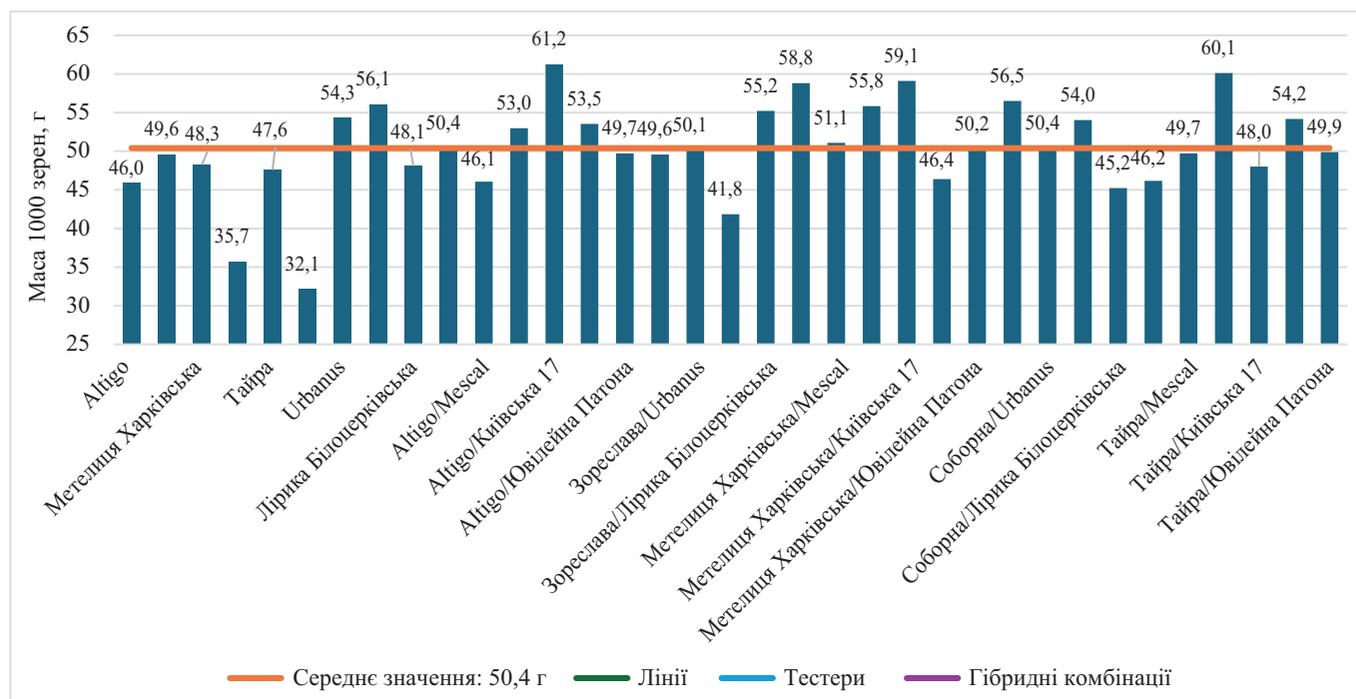


Рис. 2. Маса 1000 зерен батьківських компонентів та експериментальних гібридів пшениці м'якої озимої

Зореслава/Urbanus (0,75), Altigo/Лірика Білоцерківська (0,79) та Тайра/Лірика Білоцерківська (0,71), що корелює з високими фенотиповими проявами продуктивного кушення. Отримані результати свідчать про виражений прояв специфічного ефекту взаємодії у зазначених парах та обґрунтовують доцільність їхнього залучення до подальших селекційних програм із метою підвищення продуктивного кушення.

За результатами оцінки маси 1000 зерен у батьківських форм і гібридних комбінацій (рис. 2) встановлено широкий діапазон варіації цього показника – від 32,1 до 61,2 г, що вказує на значну генетичну різницю між досліджуваними зразками за цим елементом структури врожаю.

Встановлено найвищу масу 1000 зерен, що достовірно перевищила найменшу істотну різницю, у гібридів Altigo/Київська 17 (61,2 г), Метелиця Харківська/Київська 17 (59,1 г), Метелиця Харківська/Ювілейна Патона (58,8 г) та Тайра/Urbanus (60,1 г). Позитивний вплив гібридизації на цей показник свідчить про наявність гетерозисного ефекту у цих комбінаціях.

Аналіз частоти позитивного впливу батьківських компонентів виявив, що найчастіше підвищення маси зерна спостерігалось в гібридів за участі зразків Ювілейна Патона, Метелиця Харківська, Urbanus та Mescal, що свідчить про їх вагому роль як тестерів у формуванні господарсько-цінної ознаки. Зазначені генотипи доцільно розглядати як перспективні

для залучення до подальших селекційних програм, спрямованих на підвищення маси зерна.

За результатами оцінки СКЗ за масою 1000 зерен (табл. 3), виявлено низку гібридів із достовірно високими значеннями варіанс. Зокрема, поєднання материнської лінії Зореслава з тестером Ювілейна Патона (СКЗ = 8,57) та лінії Altigo з тестером Київська 17 (СКЗ = 7,53) забезпечили значне підвищення ознаки, що достовірно перевищило порогові значення найменшої істотної різниці. Це свідчить про виражену позитивну специфічну комбінаційну здатність у зазначених гібридів і підкреслює їх селекційну цінність.

Також достовірне перевищення НР за масою 1000 зерен встановлено у комбінації Соборна/Mescal (7,30), Тайра/Urbanus (5,70), Метелиця Харківська/Київська 17 (5,56) та Зореслава/Лірика Білоцерківська. Отримані результати свідчать про значний внесок відповідних тестерів у формування даної ознаки у гібридного потомства. Загалом, отримані результати підтверджують селекційну цінність зазначених форм як джерел при створенні гібридів із підвищеною масою зерна.

Окрім маси зерна, важливим показником якості врожаю є вміст білка. Згідно з результатами оцінки цього показника серед батьківських форм і гібридних комбінацій пшениці м'якої озимої, вміст білка варіював у межах від 12,3% до 15,9% (рис. 3), що вказує на істотну варіабельність між зразками.

Найвищий вміст білка зафіксований у гібридів Метелиця Харківська/Лірика Білоцерківська (15,9%),

Таблиця 3. Варіанси СКЗ експериментальних гібридів пшениці м'якої озимої за масою 1000 зерен

Лінія	Тестер				
	Mescal	Urbanus	Київська 17	Лірика Білоцерківська	Ювілейна Патона
Altigo	-5,39*	-1,77	7,53*	1,75	-2,12
Зореслава	-0,29	-3,06	-10,27*	5,05*	8,57*
Метелиця Харківська	-0,19	1,27	5,56*	-5,21*	-1,41
Соборна	7,30*	-2,14	2,56	-4,30*	-3,42*
Тайра	-1,42	5,70*	-5,37*	2,72	-1,63
НІР <sub>05</sub>	3,16				

Примітка. \* – значення, що достовірно перевищують контроль за показником НІР ( $p \leq 0,05$ ).

Зореслава/Mescal (14,9%) і Соборна/Лірика Білоцерківська (14,9%), лінії Зореслава (15,7%) та тестеру Mescal (15,6%). Зазначені поєднання демонструють прояв позитивного гетерозису за вмістом білка, що є важливою ознакою для харчового та технологічного призначення зерна.

Особливу селекційну цінність становлять гібридні комбінації за участю ліній Лірика Білоцерківська, Ювілейна Патона та Urbanus, які забезпечили стабільне підвищення вмісту білка у гібридному потомстві. Це свідчить про їх значний внесок у формування якісних ознак зерна за створення гібридів пшениці.

Згідно з результатами оцінки специфічної комбінаційної здатності за вмістом білка (табл. 4) виявлено істотний позитивний ефект взаємодії між окремими лініями та тестерами.

Найвищі значення варіанс СКЗ встановлено у комбінацій Тайра/Urbanus (1,34), Зореслава/Mescal (1,30), Соборна/Лірика Білоцерківська (1,02) та Метелиця Харківська/Лірика Білоцерківська (0,88). Це свідчить про високу ефективність цих поєднань у формуванні підвищеного вмісту білка в зерні.

Отримані результати підкреслюють високу селекційну цінність зразків Urbanus, Mescal та Лірика Білоцерківська як ефективних батьківських компонентів за гібридизації, що забезпечують підвищений вміст білка в зерні. Залучення цих зразків до програм гетерозисної селекції доцільне для створення високоякісних генотипів пшениці, орієнтованих на покращання харчової цінності кінцевої продукції.

Вміст сирової клейковини в зерні гібридів та батьківських форм варіював у межах від 25,2% до 29,7 %

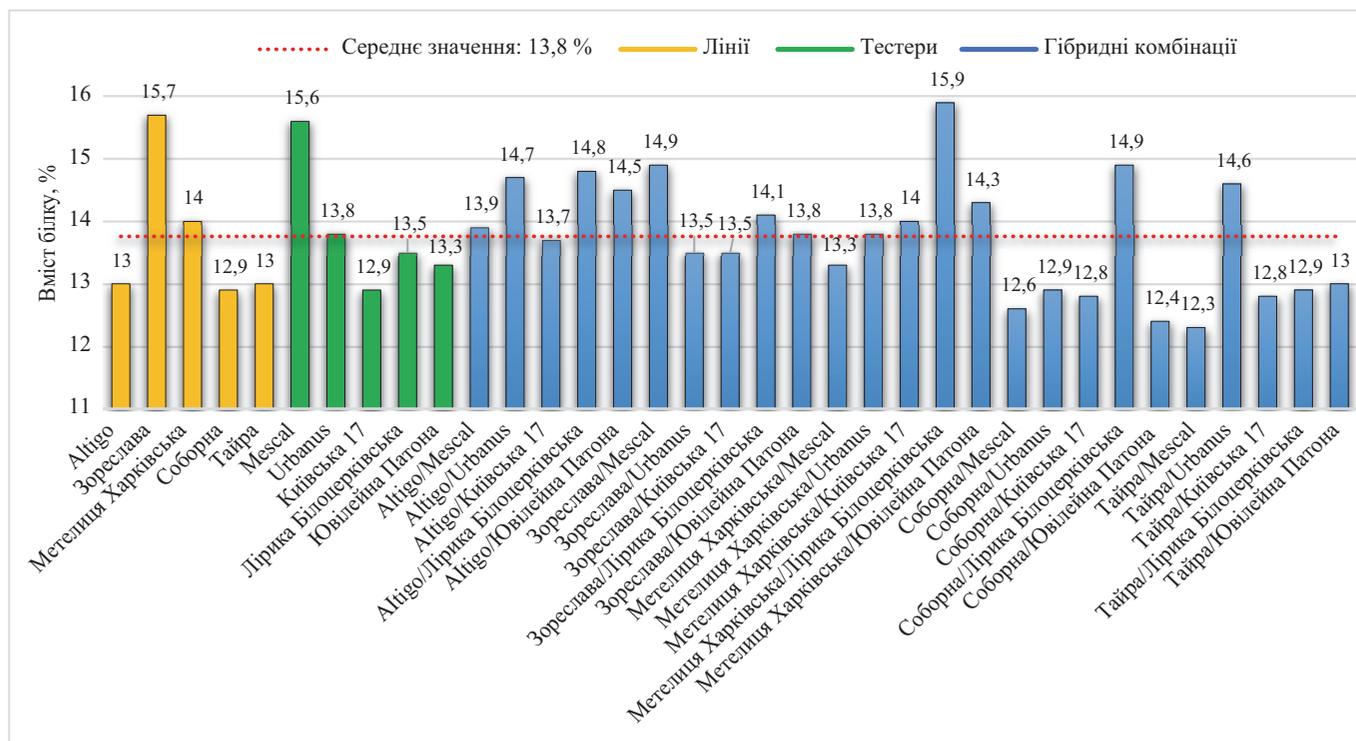


Рис. 3. Вміст білка в зерні батьківських компонентів та експериментальних гібридів пшениці м'якої озимої

Таблиця 4. Варіанси СКЗ експериментальних гібридів пшениці м'якої озимої за вмістом білка в зерні

Лінія	Тестер				
	Mescal	Urbanus	Київська 17	Лірика Білоцерківська	Ювілейна Патона
Altigo	-0,06	0,24	-0,22	-0,28	0,34
Зореслава	1,30*	-0,60	-0,06	-0,62	0,00
Метелиця Харківська	-0,60	-0,60	0,14	0,88*	0,20
Соборна	-0,16	-0,36	0,08	1,02*	-0,56
Тайра	-0,46	1,34*	0,08	-0,98*	0,04
НІР <sub>05</sub>	0,78				

Примітка. \* – значення, що достовірно перевищують контроль за показником НІР ( $p \leq 0,05$ ).

(рис. 4). Серед колекційних зразків найвищі значення спостерігались у лінії Зореслава (28,5 %) та тестера Mescal (28,0%). Інші зразки демонстрували дещо нижчі показники, однак у гібридів спостерігали загальне підвищення вмісту сирової клейковини порівняно з батьківськими формами, що свідчить про позитивний прояв гетерозису і за цією ознакою.

Найвищі значення вмісту сирової клейковини зафіксовано у гібридів Тайра/Urbanus (29,7 %), Altigo/Urbanus (29,0 %), Метелиця Харківська/Лірика Білоцерківська (29,0%) та Зореслава/Mescal (28,9 %).

Достовірно перевищення найменшої істотної різниці варіанс СКЗ (табл. 5) щодо вмісту сирової клейковини встановлено для гібридних комбінацій Тайра/Urbanus (1,78), Зореслава/Mescal (1,70) та Соборна/

Лірика Білоцерківська (1,22). Це вказує на високий комбінативний потенціал зазначених пар батьківських форм у формуванні підвищеного вмісту клейковини в зерні.

На рис. 5 представлено варіацію врожайності серед батьківських компонентів та створених на їх основі гібридів пшениці озимої. Значення врожайності варіювали в широкому діапазоні – від 4,5 до 13,6 т/га, що свідчить про істотні відмінності в продуктивності як між лініями й тестерами, так і між отриманими гібридними комбінаціями.

Серед ліній найвищу врожайність сформував зразок Метелиця Харківська (6,9 т/га), а найнижчу – Altigo (4,6 т/га). Серед тестерів найбільш продуктивними були Urbanus (8,6 т/га) та Ювілейна Патона (8,4 т/га).

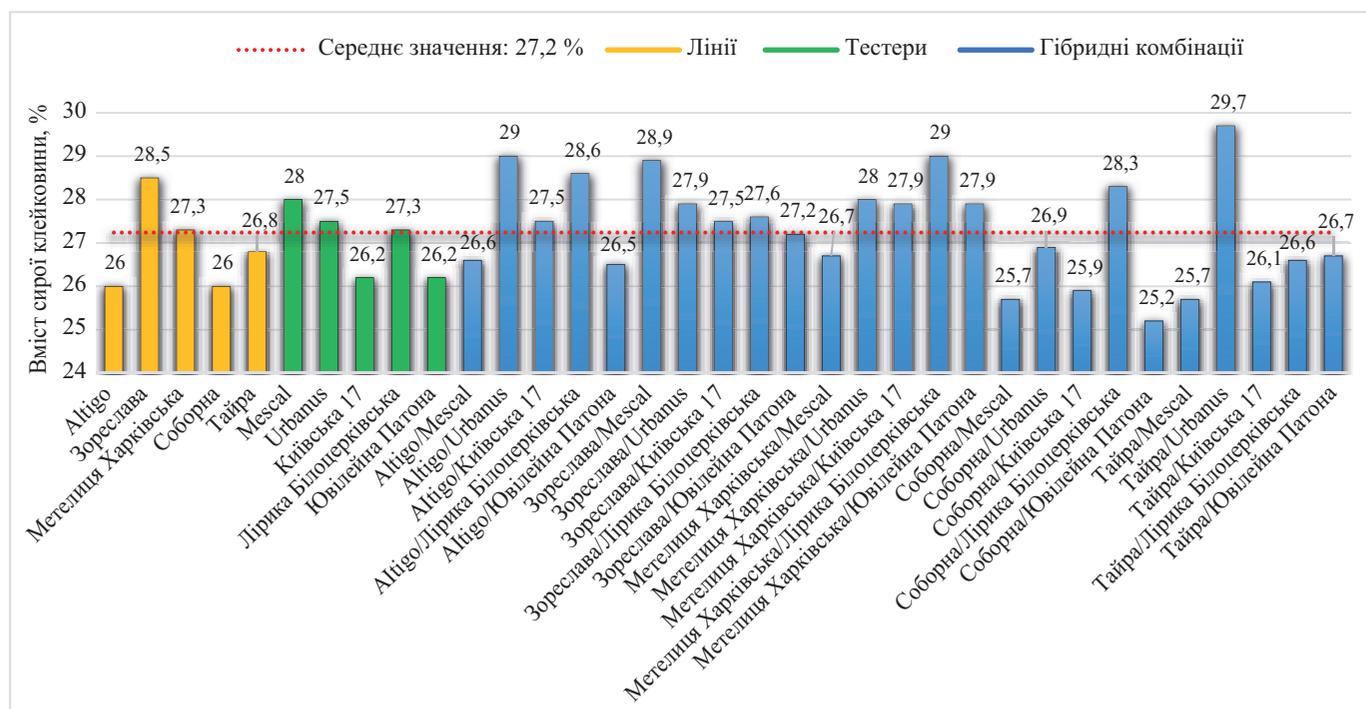


Рис. 4. Вміст сирової клейковини в зерні батьківських компонентів та експериментальних гібридів пшениці м'якої озимої

**Таблиця 5. Варіанси СКЗ експериментальних гібридів пшениці м'якої озимої за вмістом сирої клейковини**

Лінія	Тестер				
	Mescal	Urbanus	Київська 17	Лірика Білоцерківська	Ювілейна Патона
Altigo	-0,42	0,40	0,22	0,28	-0,50
Зореслава	1,70*	-0,88*	0,04	-0,90*	0,02
Метелиця Харківська	-0,58	-0,86*	0,36	0,42	0,64
Соборна	-0,08	-0,46	-0,14	1,22*	-0,56
Тайра	-0,64	1,78*	-0,50	-1,04*	0,38
НІР <sub>05</sub>	0,82				

**Примітка.** \* – значення, що достовірно перевищують контроль за показником НІР ( $p \leq 0,05$ ).

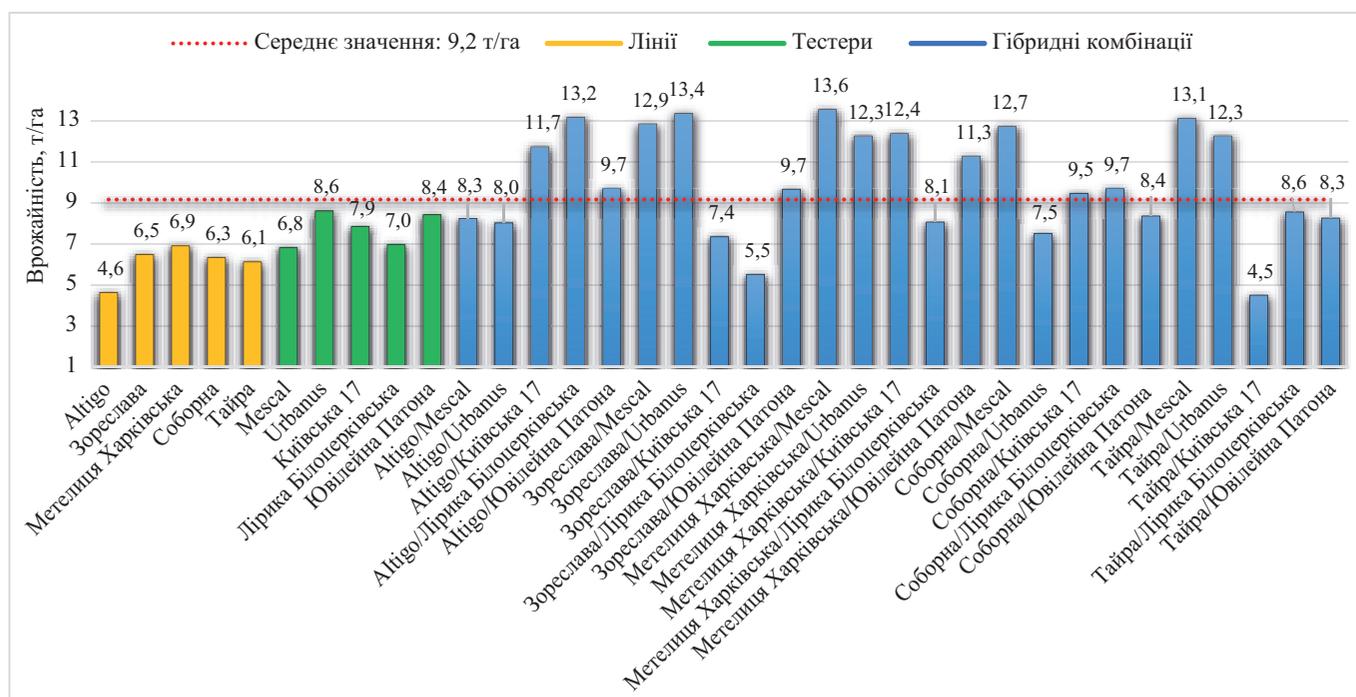
У гібридів чітко проявився ефект гетерозису за показником урожайності зерна. Найвищі значення встановлено у комбінації Метелиця Харківська/Mescal (13,6 т/га), Зореслава/Urbanus (13,4 т/га), Altigo/Лірика Білоцерківська (13,2 т/га), а також Тайра/Mescal (13,1 т/га). У більшості випадків урожайність гібридів перевищувала рівень обох батьківських форм, що свідчить про реалізацію гетерозисного ефекту та значний селекційний потенціал відповідних поєднань. Виявлені комбінації можуть бути рекомендовані для подальшої участі в селекційних програмах, спрямованих на створення високопродуктивних гібридів пшениці озимої.

За результатами розрахунку варіанс СКЗ за ознакою врожайності зерна (табл. 6) встановлено, що значна кількість гібридних комбінацій демонструвала позитивні ефекти, що вказує на сприятливу взаємодію

батьківських компонентів. Найвищі значення варіанс СКЗ зафіксовані у поєднань Altigo/Лірика Білоцерківська (4,06), Altigo/Київська 17 (2,54) Соборна/Urbanus (2,99), а також Тайра/Urbanus (2,30).

Результати визначення загальної комбінаційної здатності (табл. 7) підтверджують наявність перспективних батьківських форм для використання в програмах гетерозисної селекції пшениці, спрямованих на підвищення продуктивності. Зокрема, тестери Лірика Білоцерківська, Urbanus та Mescal проявили високу загальну комбінаційну здатність у взаємодії з окремими лініями, що вказує на їх селекційний потенціал як ефективних компонентів схрещувань.

Аналіз ефектів загальної комбінаційної здатності (ЗКЗ) у гібридних комбінаціях визначив окремі батьківські зразки, що позитивно впливали одразу

**Рис. 5. Врожайність зерна батьківських компонентів та експериментальних гібридів пшениці м'якої озимої**

Таблиця 6. Варіанси СКЗ експериментальних гібридів пшениці м'якої озимої за урожайністю зерна

Лінія	Тестер				
	Mescal	Urbanus	Київська 17	Лірика Білоцерківська	Ювілейна Патона
Altigo	-3,96*	-2,77*	2,54*	4,06*	0,14
Зореслава	1,07*	2,99*	-1,42*	-3,17*	0,53
Метелиця Харківська	0,01	0,13	1,85*	-2,38*	0,38
Соборна	1,13*	-2,66*	0,90*	1,21*	-0,58
Тайра	1,75*	2,30*	-3,86*	0,28	-0,47
НІР <sub>05</sub>	0,67				

Примітка. \* – значення, що достовірно перевищують контроль за показником НІР ( $p \leq 0,05$ ).

на кілька господарсько-цінних ознак. Так, серед материнських ліній високі позитивні значення ЗКЗ за трьома і більше показників відзначено у Altigo та Метелиця Харківська, що свідчить про їх значних селекційний потенціал. Наприклад, ефект ЗКЗ лінії Метелиця Харківська достовірно перевищував НІР за такими ознаками, як коефіцієнт продуктивного кушення (0,17), вміст білка (0,50), вміст сирі клейковини (0,56) і врожайність (1,44).

Серед тестерів найбільш перспективними були Urbanus та Mescal, які продемонстрували позитивну загальну комбінаційну здатність за ключовими ознаками. Зокрема, тестер Urbanus виявив значний позитивний ефект за масою 1000 зерен (2,04), вмістом сирі клейковини (0,96) та врожайністю (0,62), що свідчить про його ефективність у формуванні високопродуктивного гібридного потомства.

### Висновки

У результаті досліджень встановлено значну варіабельність гібридних комбінацій пшениці озимої за основними господарсько-цінними ознаками, що свідчить про наявність як загальної, так і специфічної комбінаційної здатності у батьківських компонентів. Виявлено перспективні гібридні поєднання з достовірним проявом гетерозису за продуктивним кушенням, масою 1000 зерен, вмістом білка, сирі клейковини та врожайністю.

Серед материнських ліній найвищу істотну ЗКЗ виявлено у зразків Метелиця Харківська та Altigo, які мали позитивний вплив на коефіцієнт продуктивного кушення та вміст білка. Лінія Метелиця Харківська також відзначалась високими показниками варіанс ЗКЗ за вмістом сирі клейковини та врожайністю. Серед тестерів найвищі значення ЗКЗ за продуктивним

Таблиця 7. Варіанси ЗКЗ експериментальних гібридів пшениці м'якої озимої

Колекційний зразок	Коефіцієнт продуктивного кушення	Маса 1000 зерен	Вміст білка	Вміст сирі клейковини	Врожайність
<b>Лінія</b>					
Altigo	0,16*	0,87	0,56*	0,30	0,11
Зореслава	-0,59*	-0,73	0,20	0,48*	-0,32*
Метелиця Харківська	0,17*	0,69	0,50*	0,56*	1,44*
Соборна	0,08	-1,37*	-0,64*	-0,94*	-0,51*
Тайра	0,17*	0,55	-0,64*	-0,38*	-0,72*
НІР <sub>05</sub>	0,14	1,35	0,35	0,37	0,30
<b>Тестер</b>					
Mescal	0,83*	-1,25	-0,36*	-0,62*	2,03*
Urbanus	0,12	2,04*	0,14	0,96*	0,62*
Київська 17	-0,56*	1,01	-0,40*	-0,36	-0,98*
Лірика Білоцерківська	-0,26*	-0,92	0,76*	0,68*	-1,06*
Ювілейна Патона	-0,12	-0,87	-0,16	-0,64*	-0,61*
НІР <sub>05</sub>	0,14	1,35	0,35	0,37	0,30

Примітка. \* – значення, що достовірно перевищують контроль за показником НІР ( $p \leq 0,05$ ).

кущеням та врожайністю встановлено у зразка Mescal, за показниками якості зерна –Urbanus та Лірика Білоцерківська.

Високі значення варіанс СКЗ за ознакою урожайності зерна виявлено у комбінацій Тайра/Urbanus, Зореслава/Mescal, Altigo/Київська 17, Соборна/ Mescal, за ознакою якості зерна – Соборна/Лірика Білоцерківська та Метелиця Харківська/Лірика Білоцерківська.

Особливу селекційну цінність мають сорти та лінії Лірика Білоцерківська, Ювілейна Патона, Urbanus,

Mescal, Метелиця Харківська та Altigo, які демонструють високу специфічну і загальну комбінаційну здатність за кількома ключовими показниками продуктивності і якості зерна.

Одержані результати підтверджують доцільність залучення зазначених батьківських компонентів у програми гетерозисної селекції пшениці озимої, спрямовані на створення високопродуктивних гібридів із покращеним білковим складом та технологічними властивостями зерна.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Бакуменко О.М., Осьмачко О.М., Власенко В.А. Комбінаційна здатність сортів пшениці озимої Крижинка та Смуглянка / за ред. О.М. Бакуменка, О.М. Осьмачка, В.А. Власенка. Суми : Мрія, 2019.
2. Корзун Д.Ю. Методика проведення експертизи сортів рослин групи зернових, круп'яних та зернобобових на придатність до поширення в Україні / за ред. С.О. Ткачика. Вінниця : Український інститут експертизи сортів рослин, 2016.
3. Міністерство економіки України. ДСТУ EN ISO 12099:2022. Корми для тварин, зерно та продукти його перероблення. Настанови щодо застосування методу ближнього інфрачервоного спектрального аналізу (ISO 12099:2017, IDT). Київ, 2022.
4. Рябовол Я.С. Гібридна пшениця: проблеми, можливість, переваги, перспективи. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва*. 2014. № 86 (1). С. 210–214.
5. Сич З.Д., Жемойда В.Л., Сидорка І.В. Вивчення комбінаційної здатності у селекції гетерозисних гібридів методом неповних топкросів / за ред. О.М. Кирика. Київ : Видавничий центр НАУ, 2004.
6. Шелепов В.В., Гаврилюк М.М., Чебаков М.П. Селекція, насінництво та сортознавство пшениці. Миронівка, 2007.
7. Elfadl E., Kling C., Melchinger A. Evaluation of heterosis in durum wheat. Property and poverty in a Globalised World. Challenges for Agricultural Research. 2006. P. 27–34.
8. Gowda M., Kling C., Wurschum T., Reif J. C. Hybrid breeding in durum wheat: heterosis and combining ability. *Crop Science*. 2010. Vol. 50. P. 2224–2230.
9. Gupta P., Balyan H., Gahlaut V., Gautam S., Pal B., Basnet B., Joshi A. Hybrid wheat: past, present and future. *Theoretical and Applied Genetics*. 2019. Vol. 132. 17 October. DOI: 10.1007/s00122-019-03397-y.
10. Koemel J.E., Guenzi A.C., Carver B.F. Hybrid and pureline hard winter wheat yield and stability. *Crop Science*. 2004. Vol. 44. P. 107–113.
11. Longin C., Muhleisen J., Maurer H.P., Zhang H., Gowda M., Reif J. C. Hybrid breeding in autogamous cereals. *Theoretical and Applied Genetics*. 2012. Vol. 125. P. 1087–1096. DOI: 10.1007/s00122-012-1967-7.
12. Muhleisen J., Piepho H. P., Maurer H.P., Longin C., Reif J. Yield stability of hybrids versus lines in wheat, barley, and triticale. *Theoretical and Applied Genetics*. 2014. Vol. 127. P. 309–316.

## REFERENCES

1. Bakumenko, O.M., Osmachko, O.M., & Vlasenko, V.A. (2019). Kombinatsiina zdatnist sortiv psheynytsi ozymoї Kryzhynka ta Smuhlianka [Combining ability of winter wheat varieties Kryzhynka and Smuglianka]. Sumy: Mriia [in Ukrainian].
2. Korzun, D.Yu. (2016). Metodyka provedennia ekspertyzy sortiv roslyn hrupy zernovykh, krup'ianykh ta zernobobovykh na prydatnist do poshyrennia v Ukraini [Methodology for testing cereal, groat, and legume crops for suitability for distribution in Ukraine]. Vinnytsia: Ukrainskyi instytut ekspertyzy sortiv roslyn [in Ukrainian].
3. Ministerstvo ekonomiky Ukrainy (2022). DSTU EN ISO 12099:2022. Kormy dlia tvaryn, zerno ta produkty yoho pereroblennia. Nastanovy shchodo zastosuvannia metodu blyzhnoho infrachervonoho spektralnogo analizu (ISO 12099:2017, IDT) [Animal feeding stuffs, cereals and milled cereal products. Guidelines for the application of near infrared spectrometry (ISO 12099:2017, IDT)]. Kyiv [in Ukrainian].
4. Riabovol, Ya.S. (2014). Hibridna pshenytsia: problemy, mozhlyvosti, perevahy, perspektyvy [Hybrid wheat: problems, opportunities, advantages, prospects]. *Zbirnyk*

- naukovykh prats Umanskoho natsionalnoho universytetu sadivnytstva*, 86(1), 210–214 [in Ukrainian].
- Sych, Z.D., Zhemoida, V.L., & Sydorka, I.V. (2004). Vychennia kombinatsiinoi zdatnosti u selektsii heterozysnykh hibridiv metodom nepovnykh topkrosiv [Study of combining ability in heterotic hybrid breeding using incomplete topcrosses]. Kyiv: Vydavnychi tsestr NAU [in Ukrainian].
  - Shelepov, V.V., Havryliuk, M.M., & Chebakov, M.P. (2007). Seleksiia, nasynnytstvo ta sortoznavstvo pshenytsi [Breeding, seed production and variety study of wheat]. Myronivka [in Ukrainian].
  - Elfadl, E., Kling, C., & Melchinger, A. (2006). Evaluation of heterosis in durum wheat. In Property and poverty in a Globalised World. Challenges for Agricultural Research (pp. 27–34) [in English].
  - Gowda, M., Kling, C., Wurschum, T., & Reif, J.C. (2010). Hybrid breeding in durum wheat: heterosis and combining ability. *Crop Science*, 50, 2224–2230 [in English].
  - Gupta, P., Balyan, H., Gahlaut, V., Gautam, S., Pal, B., Basnet, B., & Joshi, A. (2019). Hybrid wheat: past, present and future. *Theoretical and Applied Genetics*, 132. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00122-019-03397-y> [in English].
  - Koemel, J.E., Guenzi, A.C., & Carver, B.F. (2004). Hybrid and pureline hard winter wheat yield and stability. *Crop Science*, 44, 107–113 [in English].
  - Longin, C., Muhleisen, J., Maurer, H.P., Zhang, H., Gowda, M., & Reif, J.C. (2012). Hybrid breeding in autogamous cereals. *Theoretical and Applied Genetics*, 125, 1087–1096. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00122-012-1967-7> [in English].
  - Muhleisen, J., Piepho, H.P., Maurer, H.P., Longin, C., & Reif, J. (2014). Yield stability of hybrids versus lines in wheat, barley, and triticale. *Theoretical and Applied Genetics*, 127, 309–316 [in English].

**Rakov A.Yu., Dmytrenko Yu.M.**

#### ***Combining Ability of Parental Components of Winter Wheat Hybrids for Economically Valuable Traits***

**Aim.** The research was to identify promising combinations for further use in heterosis breeding. **Methods.** Ten bread winter wheat accessions were used in the study, and 25 experimental hybrids were developed through hybridization. The research was conducted during 2023–2024 at the Agronomic Research Station of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, located in the Forest-Steppe zone. The traits assessed included productive tillering coefficient, weight of 1000 grains, protein content, raw gluten content, and yield. **Results.** revealed significant variability of the studied traits among both parental lines and hybrid offspring, indicating the expression of heterosis and the presence of substantial genotypic interactions. High SCA variances for productivity and grain quality traits were observed in the combinations *Tayra/Urbanus*, *Zoreslava/Mescal*, *Altigo/Kyivska 17*, *Soborna/Mescal*, *Soborna/Liryka Bilotserkivska*, and *Metelytsia Kharkivska/Liryka Bilotserkivska*. Among the lines, *Metelytsia Kharkivska* and *Altigo* demonstrated the highest GCA values, while among the testers, *Mescal*, *Urbanus*, and *Liryka Bilotserkivska* showed the greatest combining ability. **Conclusions.** The obtained results confirm the feasibility of further utilization of the studied parental forms in breeding programs aimed at developing high-yielding winter wheat hybrids with improved baking quality.

**Key words:** heterosis, breeding, hybrid combinations, productive tillering coefficient, weight of 1000 grains, protein content, raw gluten content.

#### **ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ**

**Раків А.Ю.**, здобувач наукового ступеня доктора філософії, Національний університет біоресурсів і природокористування України, e-mail: [a.rakov@nubip.edu.ua](mailto:a.rakov@nubip.edu.ua), ORCID: 0009-0005-4745-4995.

**Дмитренко Ю.М.**, кандидат сільськогосподарських наук, доцент, Національний університет біоресурсів і природокористування України, e-mail: [dmitrenko.yuliia@nubip.edu.ua](mailto:dmitrenko.yuliia@nubip.edu.ua), ORCID: 0000-0002-3942-9125

**Rakov A.Yu.**, PhD student, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, e-mail: [a.rakov@nubip.edu.ua](mailto:a.rakov@nubip.edu.ua), ORCID: 0009-0005-4745-4995.

**Dmytrenko Yu.M.**, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, e-mail: [dmitrenko.yuliia@nubip.edu.ua](mailto:dmitrenko.yuliia@nubip.edu.ua), ORCID: 0000-0002-3942-9125.

Надійшла 10.05.2025

## СЕЛЕКЦІЯ НА СТІЙКІСТЬ TRITICUM AESTIVUM L. ЩОДО ПАТОГЕНА BLUMERIA GRAMINIS F. SP. TRITICI В УМОВАХ ЦЕНТРАЛЬНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

Н.М. Хорошко, В.В. Кириленко

Миронівський інститут пшениці імені В.М. Ремесла НААН (с. Центральне, Україна)

**Мета.** Оцінити та охарактеризувати інтенсивність ураження *Blumeria graminis f. sp. tritici* сортів пшениці м'якої озимої та виокремити стійкі генотипи. Відібрати компоненти для схрещування, які мають високий потенціал стійкості щодо патогена. Проаналізувати успадкування ознаки стійкості проти даного збудника у міжсорткових гібридів  $F_1$  пшениці м'якої озимої. **Методи.** Дослідження проводили в Миронівському інституті пшениці імені В. М. Ремесла НААН у лабораторії селекції озимої пшениці впродовж 2022/23–2024/25 рр. Матеріалом досліджень слугували сорти пшениці м'якої озимої української селекції, занесені в різні роки до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні з показниками якості зерна на рівні сильних пшениць та 30 гібридів  $F_1$  пшениці м'якої озимої створені шляхом реципрокних схрещувань із різним характером успадкування. **Методи.** Польовий, лабораторний, статистичного аналізу. Закладання досліду і спостереження проводили згідно з методиками: О. С. Мазманішвілі (2010), А. Т. Опря та ін. (2014), Патент на корисну модель № 128676 Україна (2018), Veil G. M. (1965). **Результати.** За дослідженнями в умовах 2023 р. дуже високу стійкість до *Blumeria graminis* (0,1–5,0%) встановлено 54,8% сортів : Експромт (2,4%), Аврора Миронівська (2,8%), Золотоколоса (3,0%), Журавка одеська (3,1%), Досконалість одеська (3,2%), МПП Ювілейна (3,6%) та ін. Високою стійкістю (5,1–10,0%) характеризувались 35,5% сортів, стійкістю (10,0–20,0%) – 9,7%. В умовах 2024 р. дуже високу стійкість щодо збудника *Blumeria graminis* (0,1–5,0%) встановлено 12,9% сортів : МПП Ювілейна (3,0%); МПП Княжна, Подолянка (3,8%), Спадицина одеська (5,0%). Високою стійкістю (5,1–10,0%) – 45,2% сортів, стійкістю (10,0–20,0%) – 32,3%, слабо стійкі (20,1–30,0 %) – 9,7%. За 2025 р. дуже високу стійкість проти патогена виявлено у 12,9% сортів : МПП Ювілейна (3,0%); МПП Княжна, Кубок, Спадицина одеська (5,0%). 38,7% сортів вирізняли з високою стійкістю, стійкими – 45,2% сортів, слабо стійким – 3,2%. **Висновки.** За трирічними даними 2023–2025 рр. кращими за стійкістю проти збудника *Blumeria graminis* виокремлено сорти пшениці м'якої озимої : МПП Ювілейна з інтенсивністю ураження (3,6%, 3,0%, 3,0% відповідно), МПП Княжна (4,6%, 3,8%, 5,0% відповідно). За 2024 р. та 2025 р. відмічали негативне домінування (що є позитивним для селекції за стійкістю) у семи гібридних комбінаціях : МПП Княжна / Аврора Миронівська, Аврора Миронівська / МПП Княжна, Аврора Миронівська / Покровська, Покровська / Гейзер, Гейзер / Аврора Миронівська, Гейзер / МПП Княжна, Гладь / Гейзер. Проміжне успадкування у 2024 р. та 2025 р. спостерігали у гібрида Гладь / МПП Княжна.

**Ключові слова:** пшениця м'яка озима, сорт, гібрид, фенотипові домінування, стійкість, борошниста роса, інтенсивність ураження.

**Вступ.** Пшениця є найпоширенішою культурою та є основним харчовим продуктом для третини населення світу. Культура уражується великою різноманітністю хвороб різної етіології, і використання стійких сортів є ефективною та екологічно безпечною стратегією боротьби з хворобами та відмови

від використання фунгіцидів [1]. Значне збільшення врожайності пшениці за останні 40 років вплинуло на стабільний баланс між пропозицією та попитом. Однак прогнозовані темпи зростання населення світу та зміни в раціоні означають, що для задоволення цього зростаючого попиту знадобиться значне

збільшення врожайності впродовж наступних кількох десятиліть. Ключовим компонентом вирішення цієї проблеми є вплив на поширення хвороб, які можуть бути причиною втрат урожаю на 15–20% на рік, а в роки епіфітотій – 70% і більше. До основних хвороб пшениці, які наразі сприяють цим втратам, належать іржа, плямистість та фітофтороз колоска [2]. Найбільш поширеними патогенами пшениці озимої на території України є: *Microdochium nivale*; *Blumeria graminis* f. sp. *tritici*; *Fusarium* spp. (*F. culmorum*, *F. graminearum*), *Bipolaris sorokiniana*, *Gaeumannomyces graminis* var. *Tritici*; *Zymoseptoria tritici*; *Pyrenophora tritici-repentis*; *Puccinia triticina*, *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*, *Puccinia graminis* f. sp. *tritici*; *Fusarium graminearum*, *Fusarium culmorum*.

Температурні режими, залежно від регіону, досягли мінімальних за яких відбувається зараження рослин більшістю збудників вищезгаданих патогенів [3–5].

Борошниста роса пшениці, збудником якої є облигатний біотрофний гриб *Blumeria graminis* f. sp. *tritici* (Bgt), належить до найпоширеніших і найшкідливіших листових хвороб пшениці в зонах із помірним кліматом. Захворювання проявляється у вигляді білого борошнистого нальоту на листках, піхвах, іноді – на стеблах і колосках. Його шкодочинність позначається насамперед у зменшенні асиміляційної поверхні рослин і порушення транспірації та фотосинтезу. За сильного ураження знижується кустистість рослин, затримується колосіння, але прискорюється дозрівання [6]. Інтенсивне ураження впливає на зниження фотосинтетичної активності, пригнічення росту рослин і, відповідно, зменшення врожайності зерна [7]. Надмірне внесення азотних добрив сприяє інтенсивному ураженню рослин, скорочує інкубаційний розвиток хвороби, стимулює формування конідиального спороношення патогена [8]. Оптимальними умовами для розвитку *Blumeria graminis* f. sp. *tritici* є температура повітря в межах 10–20 °C та підвищена відносна вологість (вище 60%). За сприятливих умов інкубаційний період триває 4, 5 діб, після чого відбувається масове спороношення та вторинне зараження [7]. Залежно від кліматичних умов року та сортів патоген може спричинити загибель 14–40% рослин, що спонукає втратам 10–55% урожаю [9] та зменшенню сирію клейковини на 3%, силу борошна на 56 одиниць альвеографу, об'єм хліба на 25 см<sup>3</sup> [10]. Найефективнішим, найперспективнішим, екологічно безпечним способом боротьби із *Blumeria graminis* f. sp. *tritici* є створення сортів із генетично зумовленою стійкістю.

Принаймні використання стійких сортів є ефективною стратегією боротьби з патогеном, наявні наразі сорти пшениці не мають достатнього рівня стійкості [11–13]. Втрата стійкості у сортів пшениці змушує до постійного пошуку нових джерел стійкості [14].

Успіх створення вихідного матеріалу пшениці озимої з адаптивними властивостями стійким щодо фітопатогена значною мірою залежить від цілеспрямованого пошуку джерел. У селекційній роботі виявлення та відбір цінних генотипів залежить від екологічних умов, біології відтворення рослин, характеристики успадкування ознак та інших чинників [6]. Для створення стійких сортів пшениці озимої необхідна інформація про потенційно невикористані механізми генетичної стійкості, яка має високу цінність [15–17]. Селекція за стійкістю спрямована на створення нових сортів із її природженою стійкістю щодо патогена *Blumeria graminis* і є найбільш сталим та екологічно безпечним підходом [18; 19].

**Мета досліджень.** Проаналізувати вихідний матеріал пшениці м'якої озимої та успадкування ними ознаки стійкості проти *Blumeria graminis* f. sp. *tritici* у міжсортівних гібридів F<sub>1</sub>.

**Матеріали та методи досліджень.** Дослідження проводили впродовж 2022/23–2024/25 рр. у Миронівському інституті пшениці імені В. М. Ремесла НААН (МІП) на дослідних полях лабораторії селекції озимої пшениці. Об'єктом дослідження слугували 31 сорт пшениці м'якої озимої селекції різних установ України: три сорти селекції МІП – МІП Княжна, МІП Ювілейна, Аврора Миронівська; чотири сорти селекції Інституту фізіології рослин і генетики (ІФРГ) та Миронівського інституту пшениці імені В.М. Ремесла (МІП) – Подолянка, Експромт, Золотоколоса, Колумбія; 24 сорти за показниками якості зерна сильної та надсильної пшениці та Селекційно-генетичного інституту – Національного центра насіннезнавства та сортовивчення (СГН–НЦНС) – Вагома, Версія одеська, Відповідь одеська, Вірність, Гейзер, Гладь, Досконалість одеська, Журавка одеська, Зиск, Зорепад, Кантата одеська, Кубок, Куяльник, Ліра одеська, Манера одеська, Мудрість одеська, Нива одеська, Оптима одеська, Основа одеська, Перевага, Перемога одеська, Покровська, Понтійка, Спадщина одеська. Польові дослідження закладено у строки, що відповідають оптимальним для зони Лісостепу України – 7 жовтня 2022 р., 10 жовтня 2023, 2024 рр., касетною сівалкою СН–10Ц. У фазі колосіння пшениці озимої здійснювали кастрацію квіток звичайним способом

згідно з методиками [20]. Для статистичної обробки результатів обчислювали середнє арифметичне значення відсотка показника (X) та розмах варіювання ( $R = \max - \min$ ) з метою оцінки мінливості ознаки [21]. Коефіцієнт варіації ( $C_v$ ) використовували як узагальнений показник стабільності процесу. Для його інтерпретації застосовували таку класифікацію [22]:  $C_v \leq 5\%$  – слабка варіація;  $6 \leq C_v \leq 10\%$  – помірна;  $11 \leq C_v \leq 20\%$  – значна;  $21 \leq C_v \leq 50\%$  – велика;  $C_v \geq 51\%$  – дуже велика.

Упродовж вегетаційного періоду здійснювали фенологічні спостереження за розвитком рослин. Фітопатологічну оцінку стійкості сортів до *Blumeria graminis* проводили в польових умовах на провокаційному інфекційному фоні в період максимального прояву симптомів хвороби. Ступінь ураження рослин визначали за модифікованою 9 – бальною шкалою [10; 23; 24] – оглядали 30 рослин (по 10 у трьох місцях) і встановлювали поширеність хвороби і ступінь її розвитку: 0 – відсутні ознаки хвороби; 1 – бал уражено до 10% площі листка; 3 бали – уражено 10–25%; 5 балів – уражено 26–50%; 7 балів – уражено 51–75% площі листка; 9 балів – листок повністю покритий борошністим нальотом.

У 2023, 2024 рр. здійснено прямі та зворотні (проті) схрещування шістьох сортів (МПП Княжна, МПП Ювілейна, Аврора Миронівська – селекції МПП), (Покровська, Гейзер, Гладь – селекції СГІ–НЦНС), на основі яких створено 30 комбінацій схрещувань.

Ступінь фенотипового домінування в  $F_1$  визначали за методикою В. Griffing [25],  $h_r = (F_1 - MP) / (BP - MP)$ . Одержані дані групували відповідно до класифікації G. M. Beil, R. E. Atkins [26]: числове значення  $h_r > +1$  – гетерозис (наддомінування);  $+0,5 < h_r \leq +1$  – часткове позитивне домінування;  $-0,5 \leq h_r \leq +0,5$  – проміжне успадкування;  $-1 \leq h_r < -0,5$  – часткове від'ємне успадкування;  $h_r < -1$  – депресія.

**Результати та їх обговорення.** Погодні умови досліджуваних років (2022/23–2024/25 рр.) істотно відрізнялися від середніх багаторічних. Після відновлення весняної вегетації рослин пшениці озимої, яка відбулася з настанням температури вище  $5^\circ\text{C}$ , розпочиналась активна її вегетація. За останні десятки років середньорічна температура зросла на  $0,8^\circ\text{C}$ , а середня температура січня та лютого на  $1\text{--}2^\circ\text{C}$  [27; 28]. Про факти підвищення температур свідчить зима цього року (2025 р.), яка була тепліша від середньостатистичних показників. Упродовж зими випадала

недостатня кількість опадів, а сніговий покрив рятував частково землю від замерзання. Одним із шкодочинних факторів, що перешкоджає одержанню високих та якісних урожаїв, є хвороби, а точніше – збудники, які спричиняють їх.

У 2022 р. в першу декаду жовтня спостерігали випадіння опадів, які сприяли накопиченню вологи в ґрунті та оптимальна температура ґрунту для проростання насіння створили сприятливі умови для росту і розвитку пшениці озимої на початкових етапах органогенезу. В подальшому спостерігали поступове зниження температури від  $+3,7^\circ\text{C}$  до  $-0,6^\circ\text{C}$ . У другій і третій декадах листопада інтенсивні опади зумовили надмірне зволоження ґрунту, загальна кількість опадів за листопад  $80,9$  мм, що на  $4,8$  мм більше середньо багаторічного. Абсолютний температурний мінімум температури повітря в зимовий період були зафіксовані: 11 січня 2023 р. ( $-10,4^\circ\text{C}$ ) та 9 лютого 2023 р. ( $-11,7^\circ\text{C}$ ). Відновлення вегетації у весняний період відмічали 21 березня 2023 р. У квітні та травні середні дані температури спостерігали нижчими за багаторічні показники на  $0,5^\circ\text{C}$  та  $0,2^\circ\text{C}$  відповідно, а у червні – перевищення на  $0,4^\circ\text{C}$ . Надмірне зволоження ґрунту було у квітні, перевищення від норми  $40,0$  мм. У подальший період, з травня по червень 2023 р. спостерігали значний дефіцит атмосферних опадів, що особливо загострився у червні, їх кількість становила  $39,4$  мм за норми  $84,8$  мм. Натомість липень зафіксували з надмірним зволоженням, сума опадів досягла  $183,5$  мм, що перевищувало середньо багаторічний показник на  $111,8$  мм. Вегетаційний період 2022/23 р. оцінюється як надмірно зволожений (ГТК =  $1,52$ ), що впливало на розвиток хвороб, зокрема борошністої роси.

У вегетаційний період 2023/24 р. погодні умови характеризували як посушливі (ГТК =  $0,48$ ). Сума опадів у серпні становила  $4,8$  мм, а у вересні –  $7,8$  мм, що на  $46,7$  мм та  $47,5$  мм менше за середній багаторічний показник. Опади у жовтні сприяли поповненню запасів вологи у ґрунті, що забезпечили задовільні умови для розвитку рослин на ранніх фазах органогенезу. У період із серпня по листопад температурний режим був вищий за середній багаторічний на  $1,9\text{--}3,6^\circ\text{C}$ . Припинення вегетації пшениці озимої у 2023 р. зафіксовано 16 листопада, за середньодобової температури  $+4,5^\circ\text{C}$ . Зимовий період 2023/24 р. проходив за помірного температурного режиму. В грудні, січні, лютому температура повітря була вищою за середньо багаторічні значення ( $-1,6^\circ\text{C}$  та  $-3,4^\circ\text{C}$ ). Абсолютний мінімум повітря становив  $-17,0^\circ\text{C}$  (9 січня 2024 р.).

Відновлення вегетації в 2024 р. зареєстровано 21 березня. У квітні температура повітря перевищувала середній багаторічний показник на 3,2 °С, у травні – на рівні багаторічної норми, у червні та липні – була вищою на 2,0 та 3,3 °С відповідно. Весняно-літній період був контрастним. Березень – квітень відмічали надмірну кількість опадів (перевищення норми на 51,3 мм та 24,6 мм відповідно), що сприяло розвитку патогенів листових хвороб пшениці озимої. У травні спостерігали гострий дефіцит опадів – 5,8 мм за середнього багаторічного показника 50,2 мм (ГТК = 0,12), що вплинуло на пригнічення розвитку фітопатогенів. У червні опади перевищили норму на 20,1 мм (ГТК = 1,59), що обумовило незначне наростання ураження рослин. Натомість у липні спостерігали істотну нестачу вологи (ГТК = 0,10), що відбилося на поступовому припиненні вегетації рослин та пригніченні розвитку збудників хвороб. За період відновлення вегетації до кінця липня 2024 р. сумарна кількість опадів становила 231,0 мм, (87,0%) від середньої багаторічної норми 265,6 мм. Максимальна температура повітря зафіксована 15 липня 2024 р. (+35,8 °С). У вересні 2024 р. середня температура повітря +15,3 °С, середньомісячна кількість опадів 46 мм, що створило задовільні умови для ранніх фаз розвитку озимої пшениці. Жовтень – листопад характеризували оптимальними умовами зволоження та сприятливими умовами для сходів, температура +10,1 °С та +5,2 °С (+5,3 та –1,6 від середньобагаторічної), ГТК = 0,7 в жовтні, в листопада ГТК = 1,03. Максимальна температура повітря +22 °С (11 жовтня 2024 р.), мінімальна –3,0 °С (22 листопада), припинення вегетації пшениці озимої у 2024 р. зафіксовано 08 листопада. Середньомісячна температура у грудні 2024 р. січні та лютому 2025 р. була на рівні –1,8, –3,4 та –0,8 °С відповідно, сприятливі умови для перезимівлі рослин. Абсолютний максимум температури повітря сягав +6 °С (1 лютого), абсолютний мінімум –14,0 °С (22 лютого). Відновлення вегетації відбулося 04 березня 2025 р. Поступове підвищення температури, яке супроводжувалося чергуванням теплих та прохолодних періодів, максимально підвищувалася до 19–21 °С тепла мінімальна знижувалася до –2–4 °С, за березень випало 12 мм. Квітень виявили контрастним. Середня температура за квітень зазначена на 1,1 °С вищою за середньобагаторічну і становила 10,9 °С, сумарна кількість опадів 26,0 мм, що на 15,1 мм менше середньорічного показника. Абсолютний максимум температури сягав +28 °С (24 квітня), абсолютний мінімум –4 °С (9 квітня). У травні фітосанітарний стан посівів

визначали, як добрий і задовільний, у результаті зниженої температури. Погодні умови років досліджень сприяли збереженню та накопиченню фітопатогенів у ґрунті й на рослинних рештках.

У наших дослідженнях ступінь стійкості та сприйнятливості рослин пшениці м'якої озимої проти збудника хвороб *Blumeria graminis* f. sp. *tritici* (*Blumeria graminis*) визначали за інтенсивністю ураження у період його максимального ураження (рис. 1).

За результатами досліджень у 2023–2025 рр. сорти пшениці м'якої озимої умовно розподілили за інтенсивністю ураження на п'ять груп : 0,1–5,0%; 5,1–10,0%; 10,1–20,0%; 20,1–30,0%; 30,1–50,0%. За дослідженнями в умовах 2023 р. дуже високу стійкість до *Blumeria graminis* (0,1–5,0%) встановлено 54,8% сортів : Експромт (2,4%), Аврора Миронівська (2,8%), Золотоколоса (3,0%), Журавка одеська (3,1%), Досконалість одеська (3,2%), МП Ювілейна (3,6%), Відповідь одеська (3,7%), Кубок (3,8%), Подолянка (3,9%), Вірність (40%), Оптима одеська, Ліра одеська (4,2%), Покровська (4,3%), МП Княжна, Понтійка (4,6%), Колумбія (4,7%), Нива одеська (4,9%). Високою стійкістю (5,1–10,0%) характеризували 35,5% сортів, стійкістю (10,0–20,0%) – 9,7%. Інтенсивність ураження була у межах від 2,4 до 12,3%, середнє арифметичне значення (X) становило 6,0%, розмах варіювання 9,9% (табл. 1).

Коефіцієнт варіації 46,8% свідчить про неоднорідність сортів за стійкістю до *Blumeria graminis* стандартне відхилення 2,8% вказує на порівняно однорідну реакцію більшості сортів на інтенсивність ураження та незначно варіював від середнього значення. В умовах 2024 р. дуже високу стійкість щодо збудника патогена (0,1–5,0%) встановлено 12,9% сортів : МП Ювілейна (3,0%), МП Княжна, Подолянка (3,8%), Спадщина одеська (5,0%). Високою стійкістю (5,1–10,0%) характеризували 45,2% сортів, стійкістю (10,0–20,0%) – 32,3%, слабо стійкі (20,1–30,0 %) – 9,7%. У дослідженнях даного року інтенсивність ураження спостерігали у межах від 3,0 до 30,0%, середнє арифметичне значення (X) становило 11,3%, розмах варіювання 27,0%, що фіксує про високу контрастність матеріалу. Стандартне відхилення 6,3% вказує на порівняно однорідну реакцію більшості сортів на інтенсивність ураження збудником та незначне відхилення від середнього значення. Коефіцієнт варіації 55,9% свідчить про неоднорідність сортів за стійкістю до *Blumeria graminis*.

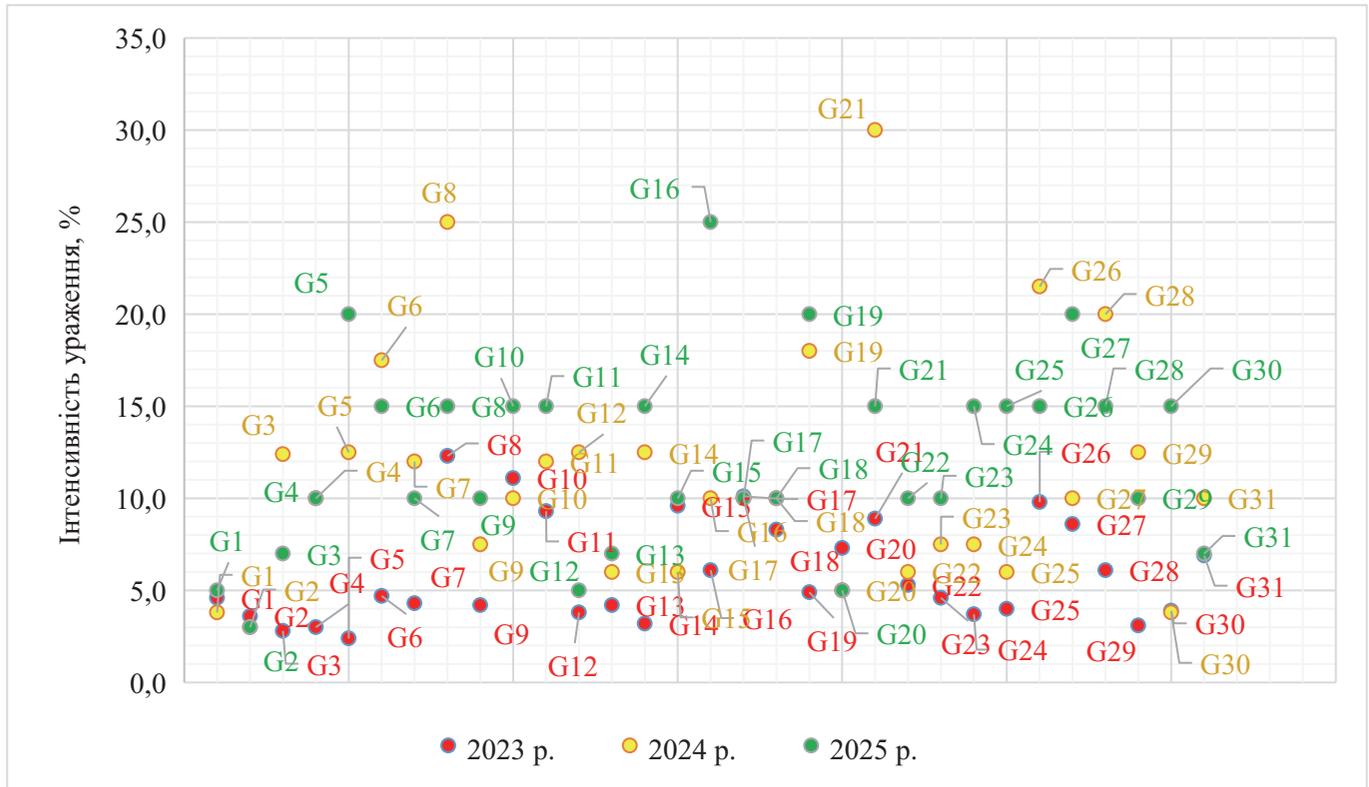


Рис. 1. Інтенсивність ураження (%) *Blumeria graminis* у сортів пшениці м'якої озимої, 2023–2025 р.

**Примітки.** G1,G1,G1 – МІП Княжна; G2,G2,G2 – МІП Ювілейна; G3,G3,G3 – Аврора Миронівська; G4,G4,G4 – Золотоколоса; G5,G5,G5 – Експромт; G6,G6,G6 – Колумбія; G7,G7,G7 – Покровська; G8,G8,G8 – Зорепад; G9,G9,G9 – Оптима одеська; G10,G10,G10 – Зиск; G11,G11,G11 – Гладь; G12,G12,G12 – Кубок; G13,G13,G13 – Ліра одеська; G14,G14,G14 – Досконалість одеська; G15,G15,G15 – Основа одеська; G16,G16,G16 – Гейзер; G17,G17,G17 – Вагома; G18,G18,G18 – Кантата одеська; G19,G19,G19 – Нива одеська; G20,G20,G20 – Спадщина одеська; G21,G21,G21 – Куяльник; G22,G22,G22 – Перемога одеська; G23,G23,G23 – Понтійка; G24,G24,G24 – Відповідь одеська; G25,G25,G25 – Вірність; G26,G26,G26 – Перевага; G27,G27,G27 – Версія Одеська; G28,G28,G28 – Манера одеська; G29,G29,G29 – Журавка одеська; G30,G30,G30 – Подолянка; G31,G31,G31 – Мудрість одеська.

За 2025 р. дуже високу стійкість щодо *Blumeria graminis* виявлено у 12,9% сортів : МІП Ювілейна (3,0%), МІП Княжна, Кубок, Спадщина одеська (5,0%). 38,7% сортів характеризувалися з високою стійкістю, стійкими були 45,2% сортів, слабо стійким виявили 3,2%. Мінімальний показник ураження склав 3,0%, а максимальний – 25,0%. Середнє арифметичне значення за 2025 р. 12,2%. Розмах варіювання сягав 22,0%, що говорить про значну різницю між сортами за рівнем ураження *Blumeria graminis*. Коефіцієнт варіації 42,2% свідчить про відносне коливання інтенсивності ураженням між сортами, та має велику мінливість, а стандартне відхилення 5,2% демонструє, що ураження має виразну, але контрольовану мінливість у межах досліджу.

За трирічними результатами аналізу рослини пшениці озимої за стійкістю до *Blumeria graminis* (рис. 2) із дуже високою стійкістю 0–5% виокремили два сорти

(6,5%) : МІП Ювілейна (3,2%), МІП Княжна (4,2%). Високою стійкістю володіли 17 сортів (54,8%): Ліра одеська (5,7%), Спадщина одеська (5,8%), Кубок, Перемога одеська (7,1%), Оптима одеська (7,2%), Аврора Миронівська, Понтійка (7,4%), Подолянка (7,6%), Золотоколоса (7,7%), Мудрість одеська (8,0%), Вірність (8,3%), Основа одеська, Журавка одеська (8,5%), Відповідь одеська (8,7%), Покровська (8,8%), Кантата одеська (9,4%), Вагома (10,0%). Стійкими до патогенна визначили 12 сортів (38,7%).

За трирічними даними 2023–2025 рр. кращими за стійкістю проти збудника *Blumeria graminis* виокремлено сорти пшениці м'якої озимої : МІП Ювілейна з інтенсивністю ураження (3,6%, 3,0%, 3,0% відповідно), МІП Княжна (4,6%, 3,8%, 5,0% відповідно).

Різниця між максимальним значенням властивості і мінімальним ( $R = \max - \min$ , розмах варіювання) характеризує стабільність її у конкретних генотипів.

Таблиця 1. Інтенсивність ураження (%) сортів пшениці озимої збудником *Blumeria graminis* (2023–2025 рр.)

Сорт	Інтенсивність ураження, %					R*	X**	V***	S****
	2023	2024	2025	max	min				
МПП Княжна	4,6	3,8	5,0	5,0	3,8	1,2	4,5	13,7	0,6
МПП Ювілейна	3,6	3,0	3,0	3,6	3,0	0,6	3,2	10,8	0,3
Аврора Миронівська	2,8	12,4	7,0	12,4	2,8	9,6	7,4	65,0	4,8
Золотоколоса	3,0	10,0	10,0	10,0	3,0	7,0	7,7	52,7	4,0
Експромт	2,4	12,5	20,0	20,0	2,4	17,6	11,6	75,9	8,8
Колумбія	4,7	17,5	15,0	17,5	4,7	12,8	12,4	54,7	6,8
Покровська	4,3	12,0	10,0	12,0	4,3	7,7	8,8	45,6	4,0
Зорепад	12,3	25,0	15,0	25,0	12,3	12,7	17,4	38,4	6,7
Оптіма одеська	4,2	7,5	10,0	10,0	4,2	5,8	7,2	40,2	2,9
Зиск	11,1	10,0	15,0	15,0	10,0	5,0	12,0	21,8	2,6
Гладь	9,3	12,0	15,0	15,0	9,3	5,7	12,1	23,6	2,9
Кубок	3,8	12,5	5,0	12,5	3,8	8,7	7,1	66,4	4,7
Ліра одеська	4,2	6,0	7,0	7,0	4,2	2,8	5,7	24,7	1,4
Досконалість одеська	3,2	12,5	15,0	15,0	3,2	11,8	10,2	60,8	6,2
Основа одеська	9,6	6,0	10,0	10,0	6,0	4,0	8,5	25,8	2,2
Гейзер	6,1	10,0	25,0	25,0	6,1	18,9	13,7	72,8	10,0
Вагома	10,1	10,0	10,0	10,1	10,0	0,1	10,0	0,6	0,1
Кантата одеська	8,3	10,0	10,0	10,0	8,3	1,7	9,4	10,4	1,0
Нива одеська	4,9	18,0	20,0	20,0	4,9	15,1	14,3	57,4	8,2
Спадщина одеська	7,3	5,0	5,0	7,3	5,0	2,3	5,8	23,0	1,3
Куяльник	8,9	30,0	15,0	30,0	8,9	21,1	18,0	60,4	10,9
Перемога одеська	5,3	6,0	10,0	10,0	5,3	4,7	7,1	35,7	2,5
Понтійка	4,6	7,5	10,0	10,0	4,6	5,4	7,4	36,7	2,7
Відповідь одеська	3,7	7,5	15,0	15,0	3,7	11,3	8,7	65,8	5,8
Вірність	4,0	6,0	15,0	15,0	4,0	11,0	8,3	70,3	5,9
Перевага	9,8	21,5	15,0	21,5	9,8	11,7	15,4	38,0	5,9
Версія одеська	8,6	10,0	20,0	20,0	8,6	11,4	12,9	48,3	6,2
Манера одеська	6,1	20,0	15,0	20,0	6,1	13,9	13,7	51,4	7,0
Журавка одеська	3,1	12,5	10,0	12,5	3,1	9,4	8,5	57,1	4,9
Подольнка	3,9	3,8	15,0	15,0	3,8	11,2	7,6	85,1	6,4
Мудрість одеська	6,9	10,0	7,0	10,0	6,9	3,1	8,0	22,1	1,8
max	12,3	30,0	25,0						
min	2,4	3,0	3,0						
R*	9,9	27,0	22,0						
X**	6,0	11,3	12,2						
V***	46,8	55,9	42,2						
S****	2,8	6,3	5,2						

**Примітки.** max – максимальне значення, min – мінімальне значення, R\* – розмах варіювання, X\*\* – середнє значення, V\*\*\* – коефіцієнт варіації, %, S\*\*\*\* – стандартне відхилення.

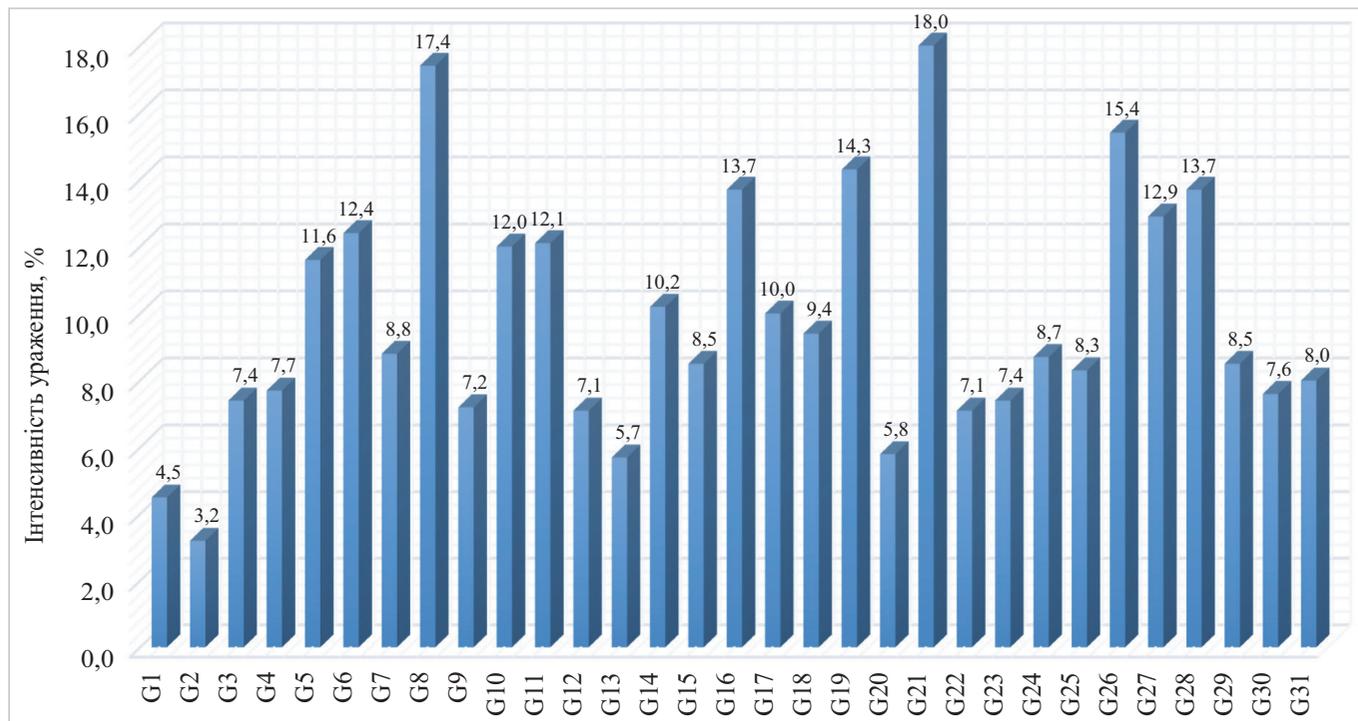


Рис. 2. Інтенсивність ураження (%) *Blumeria graminis* у сортів пшениці м'якої озимої, середнє за 2023–2025 р.

**Примітки.** G1 – МП Княжна; G2 – МП Ювілейна; G3 – Аврора Миронівська; G4 – Золотоколоса; G5 – Експромт; G6 – Колумбія; G7 – Покровська; G8 – Зорепад; G9 – Оптима одеська; G10 – Зиск; G11 – Гладь; G12 – Кубок; G13 – Ліра одеська; G14 – Досконалість одеська; G15 – Основа одеська; G16 – Гейзер; G17 – Вагома; G18 – Кантата одеська; G19 – Нива одеська; G20 – Спадщина одеська; G21 – Куяльник; G22 – Перемога одеська; G23 – Понтійка; G24 – Відповідь одеська; G25 – Вірність; G26 – Перевага; G27 – Версія Одеська; G28 – Манера одеська; G29 – Журавка одеська; G30 – Подолянка; G31 – Мудрість одеська.

Стабільністю інтенсивності ураження патогеном *Blumeria graminis* впродовж років досліджень виокремили сорти : Вагома ( $R = 0,1\%$ ), МП Ювілейна ( $R = 0,6\%$ ), МП Княжна ( $R = 1,2\%$ ), Кантата одеська ( $R = 1,7\%$ ), Спадщина одеська ( $R = 2,3\%$ ).

У досліді 3,2% мав слабку варіацію один сорт (Вагома, 0,6%), 6,5% визначили помірну Кантата одеська (10,4%), МП Ювілейна (10,8%); значну – 3,2% (МП Княжна, 13,7%); велику варіацію – 41,9% (13 сортів); дуже велику – 45,2% (14 сортів). Середній по сортах коефіцієнт варіації становив 46,8%.

За результатами досліджень нами було виявлено різну норму реакції числа сортів пшениці м'якої озимої за показниками інтенсивності ураження *Blumeria graminis* на зміну гідротермічних умов у різні роки вирощування (екоградієнт). Довірчий рівень ( $p$ -level) був 0,00% рівня значимості (табл. 2) за обома факторами. Це означає, що на користь нульової гіпотези припадає майже 0% шансів і вона відкидається.

З'ясовано, що на стійкість проти *Blumeria graminis* пшениці озимої вплив генотипу (сорт) сягав 40%, екоградієнт – 22,9%, взаємодія обох джерел

мінливості 34,5%, а вплив випадкових факторів становив 2,6%. Отже, прояв мінливості аналізованої ознаки достовірно найбільше залежав від генотипу сорту і в 22,9 менше від екоградієнта.

Дослідження сучасних сортів пшениці на провокаційному фоні за стійкістю проти *Blumeria graminis* актуальним, оскільки його вирішення дає змогу прогнозувати селекційну цінність створених гібридних комбінацій пшениці за цілеспрямованого використання їх батьківських форм у наступних поколіннях.

Основою створення нових сортів пшениці озимої проти збудників хвороб є селекція. Найважливішою умовою успішної наукової роботи під час створення нових генотипів існує наявність запасів генетичної мінливості за комплексом біологічних властивостей та господарських ознак [20; 22; 24]. За результатами аналізу  $F_1$  пшениці озимої у 2024 р. залежно від комбінацій схрещування та умов року встановлений різний характер успадкування за інтенсивністю ураження *Blumeria graminis* – від позитивного наддомінування до негативного наддомінування (депресії). Встановлено прояв депресії (низький відсоток інтенсивності ураження

Таблиця 2. Результати дисперсійного аналізу інтенсивності ураження сортів пшениці озимої та м'якої озимої збудником *Blumeria graminis*

Джерело мінливості	Сума квадратів	Ступені свободи	Середні квадрати	Критерій Фішера		p-level	П <sup>3)</sup> , %	НІР <sub>05</sub>
				Факт. <sup>1)</sup>	Табл. <sup>2)</sup>			
Екоградієнт	1392,07	2	696,04	406,35	3,10	0,00	22,9	0,47
Сорт	2433,26	30	81,11	47,35	1,64	0,00	40,0	1,50
Взаємодія екоградієнт × сорт	2096,37	60	34,94	20,4	1,28	0,00	34,5	2,60
Випадкове	159,3	93	1,71				2,6	
Загальне	6081	185					100	

Примітки. Факт.<sup>1)</sup> – критерій Фішера фактичний; Табл.<sup>2)</sup> – критерій Фішера табличний; p-level – довірчий рівень; П<sup>3)</sup> – частка впливу фактора.

Таблиця 3. Ступінь фенотипового домінування за інтенсивністю ураження (%) проти *Blumeria graminis* у F<sub>1</sub> пшениці м'якої озимої (2024 р.)

Гібридна комбінація	Інтенсивність ураження, %			Ступінь фенотипового домінування	
	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	F <sub>1</sub>	числове значення	тип домінування
МПП Княжна / Аврора Миронівська	3,8	12,4	3,0	-1,2	Д
МПП Княжна / МПП Ювілейна	3,8	3,0	1,0	-6,0	Д
МПП Княжна / Покровська	3,8	12,0	1,0	-1,7	Д
МПП Княжна / Гейзер	3,8	10,0	3,0	-1,3	Д
МПП Княжна / Гладь	3,8	12,0	3,0	-1,2	Д
МПП Ювілейна / Аврора Миронівська	3,0	12,4	3,0	-1,0	ЧВУ
МПП Ювілейна / МПП Княжна	3,0	3,8	2,0	-3,5	Д
МПП Ювілейна / Покровська	3,0	12,0	2,0	-1,2	Д
МПП Ювілейна / Гейзер	3,0	10,0	2,0	-1,3	Д
МПП Ювілейна / Гладь	3,0	12,0	1,0	-1,4	Д
Аврора Миронівська / МПП Княжна	12,4	3,8	2,0	-1,4	Д
Аврора Миронівська / МПП Ювілейна	12,4	3,0	1,0	-1,4	Д
Аврора Миронівська / Покровська	12,4	12,0	1,0	-56,0	Д
Аврора Миронівська / Гейзер	12,4	10,0	1,0	-8,5	Д
Аврора Миронівська / Гладь	12,4	12,0	1,0	-56,0	Д
Покровська / Аврора Миронівська	12,0	12,4	2,0	-51,0	Д
Покровська / МПП Княжна	12,0	3,8	2,0	-1,4	Д
Покровська / МПП Ювілейна	12,0	3,0	3,0	-1,0	ЧВУ
Покровська / Гейзер	12,0	10,0	2,0	-9,0	Д
Покровська / Гладь	12,0	12,0	2,0	-10,0	Д
Гейзер / Аврора Миронівська	10,0	12,4	4,0	-6,0	Д
Гейзер / МПП Княжна	10,0	3,8	3,0	-1,3	Д
Гейзер / МПП Ювілейна	10,0	3,0	2,5	-1,1	Д
Гейзер / Покровська	10,0	12,0	11,3	0,3	ПУ
Гейзер / Гладь	10,0	12,0	10,0	-1,0	ЧВУ
Гладь / Аврора Миронівська	12,0	12,4	7,5	-23,5	Д
Гладь / МПП Княжна	12,0	3,8	7,5	-0,1	ПУ
Гладь / МПП Ювілейна	12,0	3,0	4,0	-0,8	ЧВУ
Гладь / Покровська	12,0	12,0	5,0	-7,0	Д
Гладь / Гейзер	12,0	10,0	4,5	-6,5	Д

Примітки. НД – позитивне наддомінування (гетерозис), ЧПД – частково позитивне домінування, ПУ – проміжне успадкування, ЧВУ – часткове від'ємне успадкування, Д – негативне наддомінування (депресія), P<sub>1</sub> – материнська форма, P<sub>2</sub> – батьківська форма, F<sub>1</sub> – гібрид.

патогеном, що є позитивним результатом для селекції за стійкістю) у досліджуваному році практично у 80% гібридів (24 комбінацій схрещування) : МПП Княжна / Аврора Миронівська, МПП Княжна / МПП Ювілейна, МПП Княжна / Покровська, МПП Княжна / Гейзер, МПП Княжна / Гладь, МПП Ювілейна / МПП Княжна, МПП Ювілейна / Покровська, МПП Ювілейна / Гейзер, МПП Ювілейна / Гладь, Аврора Миронівська / МПП Княжна, Аврора Миронівська / МПП Ювілейна, Аврора Миронівська / Покровська, Аврора Миронівська / Гейзер, Аврора Миронівська / Гладь, Покровська / Аврора Миронівська, Покровська / МПП Княжна,

Покровська / Гейзер, Покровська / Гладь, Гейзер / Аврора Миронівська, Гейзер / МПП Княжна, Гейзер / МПП Ювілейна, Гладь / Аврора Миронівська, Гладь / Покровська, Гладь / Гейзер (табл. 3), а у 2025 р. – спостерігали у 23,3% (МПП Княжна / Аврора Миронівська, Аврора Миронівська / МПП Княжна, Аврора Миронівська / Покровська, Покровська / Гейзер, Гейзер / Аврора Миронівська, Гейзер / МПП Княжна, Гладь / Гейзер) (табл. 4).

У 2024 р. також встановлено чотири комбінації (13,3%), які мали частково від'ємне успадкування, дві (6,7%) – проміжне успадкування. Негативне

**Таблиця 4.** Ступінь фенотипового домінування за інтенсивністю ураження (%) проти *Blumeria graminis* у F<sub>1</sub> пшениці м'якої озимої (2025 р.)

Гібридна комбінація	Інтенсивність ураження, %			Ступінь фенотипового домінування	
	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	F <sub>1</sub>	числове значення	тип домінування
МПП Княжна / Аврора Миронівська	5,0	7,0	3,0	-3,0	Д
МПП Княжна / МПП Ювілейна	5,0	3,0	5,0	1,0	ЧПД
МПП Княжна / Покровська	5,0	10,0	7,0	-0,2	ПУ
МПП Княжна / Гейзер	5,0	25,0	10,0	-0,5	ПУ
МПП Княжна / Гладь	5,0	15,0	5,0	-1,0	ЧВУ
МПП Ювілейна / Аврора Миронівська	3,0	7,0	5,0	2,0	НД
МПП Ювілейна / МПП Княжна	3,0	5,0	7,0	3,0	НД
МПП Ювілейна / Покровська	3,0	10,0	5,0	-0,4	ПУ
МПП Ювілейна / Гейзер	3,0	25,0	5,0	-0,8	ЧВУ
МПП Ювілейна / Гладь	3,0	15,0	15,0	1,0	ЧПД
Аврора Миронівська / МПП Княжна	7,0	5,0	3,0	-3,0	Д
Аврора Миронівська / МПП Ювілейна	7,0	3,0	5,0	2,0	НД
Аврора Миронівська / Покровська	7,0	10,0	5,0	-2,3	Д
Аврора Миронівська / Гейзер	7,0	25,0	7,0	-1,0	ЧВУ
Аврора Миронівська / Гладь	7,0	15,0	7,0	-1,0	ЧВУ
Покровська / Аврора Миронівська	10,0	7,0	10,0	1,0	ЧПД
Покровська / МПП Княжна	10,0	5,0	5,0	-1,0	ЧВУ
Покровська / МПП Ювілейна	10,0	3,0	10,0	1,0	ЧПД
Покровська / Гейзер	10,0	25,0	7,0	-1,4	Д
Покровська / Гладь	10,0	15,0	20,0	3,0	НД
Гейзер / Аврора Миронівська	25,0	7,0	5,0	-1,2	Д
Гейзер / МПП Княжна	25,0	5,0	3,0	-1,2	Д
Гейзер / МПП Ювілейна	25,0	3,0	5,0	-0,8	ЧВУ
Гейзер / Покровська	25,0	10,0	10,0	-1,0	ЧВУ
Гейзер / Гладь	25,0	15,0	25,0	1,0	ЧПД
Гладь / Аврора Миронівська	15,0	7,0	10,0	-0,3	ПУ
Гладь / МПП Княжна	15,0	5,0	10,0	0,0	ПУ
Гладь / МПП Ювілейна	15,0	3,0	25,0	2,7	НД
Гладь / Покровська	15,0	10,0	15,0	1,0	ЧПД
Гладь / Гейзер	15,0	25,0	10,0	-2,0	Д

**Примітки.** НД – позитивне наддомінування (гетерозис), ЧПД – частково позитивне домінування, ПУ – проміжне успадкування, ЧВУ – часткове від'ємне успадкування, Д – негативне наддомінування (депресія), P<sub>1</sub> – материнська форма, P<sub>2</sub> – батьківська форма, F<sub>1</sub> – гібрид.

наддомінування відзначали у гібридів створених за залучення як материнської форми сорти МПП Княжна та Аврора Миронівська, батьківської форми Гейзер.

В умовах 2025 р. 23,3% генотипів (сім гібридів) визначили, які мали частково від'ємне успадкування, 16,7% (п'ять комбінацій) – проміжне успадкування, 20,0% (шість комбінацій) – частково позитивне домінування, 16,7% (п'ять комбінацій) – позитивне наддомінування.

За два роки встановлено негативне домінування (позитивні результати для селекції за стійкістю проти патогена) у семи гібридних комбінаціях : МПП Княжна / Аврора Миронівська, Аврора Миронівська / МПП Княжна, Аврора Миронівська / Покровська, Покровська / Гейзер, Гейзер / Аврора Миронівська, Гейзер / МПП Княжна, Гладь / Гейзер. Проміжне успадкування у 2024 р. та 2025 р. спостерігали у комбінації Гладь / МПП Княжна. Також за два роки досліджень у комбінаціях МПП Ювілейна / МПП Княжна, Аврора Миронівська / МПП Ювілейна, Покровська / Гладь відмітили протилежні типи успадкування інтенсивності ураження рослин *Blumeria graminis*, що доводить вплив абіотичних чинників на характер успадкування цієї ознаки. Зазначимо, що показники депресії (гетерозис або наддомінування у даному випадку) за досліджуваною ознакою, спостерігали у більшості гібридів, котрі безперечно мають найвищу цінність для селекційної практики і формуванні перспективних популяцій для селекційного добору елітних рослин у ранніх поколіннях гібридів пшениці м'якої озимої з високою стійкістю проти *Blumeria graminis*, а також дає можливість для виділення трансгресій.

## Висновки

У зоні Лісостепу України погодні умови років досліджень сприяли збереженню та накопиченню *Blumeria graminis* у ґрунті й на рослинних рештках.

У 2023–2025 рр. досліджено 31 сорт пшениці м'якої озимої на природному фоні за стійкістю проти *Blumeria graminis*. Дуже високою стійкістю до збудника *Blumeria graminis* володіли два сорти пшениці озимої МПП Ювілейна з інтенсивністю ураження (3,6%, 3,0%, 3,0% відповідно), МПП Княжна (4,6%, 3,8%, 5,0% відповідно), високою стійкістю – 17 сортів – Ліра одеська (5,7%); Спадщина одеська (5,8%); Кубок, Перемога одеська (7,1%); Оптима одеська (7,2%); Аврора Миронівська, Понтійка (7,4%); Подолька (7,6%); Золотоколоса (7,7%); Мудрість одеська (8,0%); Вірність (8,3%), Основа одеська, Журавка одеська (8,5%); Відповідь одеська (8,7%); Покровська (8,8%); Кантата одеська (9,4%); Вагома (10,0%), які є цінними джерелами стійкості.

Визначено прояв депресії (низький відсоток інтенсивності ураження патогеном, що є позитивним результатом для селекції за стійкістю) у 2024 досліджуваному році практично у 80% гібридів (24 комбінацій схрещування), а в умовах 2025 р. 23,3% гібридів сформулювали частково від'ємне успадкування, 16,7% (п'ять комбінацій) – проміжне успадкування, 20,0% (шість комбінацій) – частково позитивне домінування, 16,7% (п'ять комбінацій) – позитивне наддомінування. За два роки досліджень встановлено негативне домінування (позитивні результати для селекції за стійкістю проти патогена) у семи гібридних комбінаціях : МПП Княжна / Аврора Миронівська, Аврора Миронівська / МПП Княжна, Аврора Миронівська / Покровська, Покровська / Гейзер, Гейзер / Аврора Миронівська, Гейзер / МПП Княжна, Гладь / Гейзер, котрі, безсумнівно, мають найвищу цінність для селекційної практики і у формуванні перспективних популяцій для селекційного добору елітних рослин у ранніх поколіннях гібридів пшениці м'якої озимої.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Simeone R., Piarulli L., Nigro D., Signorile M. A., Blanco E., Mangini G., Blanco A. Mapping Powdery Mildew (*Blumeria graminis* f. sp. tritici) resistance in wild and cultivated tetraploid wheats. *International Journal of Molecular Sciences*. 2020. 21(21). P.7910. doi: <https://doi.org/10.3390/ijms21217910>.
2. Figueroa M., Hammond-Kosack K.E., Solomon P.S. A review of wheat diseases-a field perspective. *Molecular Plant Pathology*. 2018. 19 (6). P. 1523–1536. DOI:<https://doi.org/10.1111/mpp.12618>.
3. Леонов О.Ю., Петренко В.П., Лучна І.П., Суворова К. Ю., Чугаєв С. В. Хвороби пшениці, поширені в Україні, шкідливість, генетичний контроль та результативність селекції на стійкість. *Селекція і насінництво*. 2016. № 109. С. 53–92.
4. Kyrychenko A., Navryliuk N., Kuzmenko L., Raichuk T., Borco Y. Influence of weather conditions on entomological and phytopathogenic complexes of winter wheat in autumn and spring-summer growth season of the forest-steppe zone. *Ukrainian Journal*

- of Ecology*. 2021. 11(2). P. 155–158. doi: 10.15421/2021\_93.
5. Мурашко Л.А., Муха Т.І., Гуменюк О.В., Новицька Н.В., Мартинов О.М. Оцінка стійкості сортів пшениці озимої селекційних центрів України проти хвороб на штучних інфекційних фонах їх збудників. *Аграрні інновації*. 2022. № 13. С. 209–214. DOI: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2022.13.30>.
  6. Осьмачко О.М., Бакуменко О.М., Власенко В.А. Створення селекційного матеріалу пшениці м'якої озимої за стійкістю до листових хвороб в умовах Північно-Східного Лісостепу: моногр. Суми : ФОП Литовченко Є. Б., 2020. 214.
  7. Vapela T., Shimelis H., Terefe T., Bourras S., Sánchez-Martin J., Douchkov D., Desiderio F., Tsilo T.J. Breeding Wheat for Powdery Mildew Resistance : Genetic Resources and Methodologies – A Review. *Agronomy*. 2023. 13(4). P.1173. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy13041173>.
  8. Пересипкін В.Ф. Сільськогосподарська фітопатологія : підручник. Київ : Аграрна освіта, 2000. 415 с.
  9. Жупина А.Ю., Базалій Г.Г., Усик Л.О., Марченко Т.Ю., Лавриненко Ю.О. Успадкування стійкості до борошнистої роси (*Blumeria graminis* F. sp. *tritici* Vgt.) гібридами пшениці озимої різного еколого-генетичного походження в умовах зрощення. *Аграрні інновації*. 2022. № 13. С. 199–208. DOI: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2022.13.29>.
  10. Бабаянц О.В., Бабаянц Л.Т. Основы селекции и методология оценок устойчивости пшеницы к возбудителям болезней. Одесса, 2014. 401 с.
  11. Kaur R., Vasistha N.K., Ravat V.K., Mishra V.K., Sharma S., Joshi A.K., Dhariwal R. Genome-wide association study reveals novel Powdery Mildew resistance loci in bread wheat. *Plants*. 2023. 12. P. 3864. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants12223864>.
  12. Du X., Xu W., Peng C. et al. Identification and validation of a novel locus, Qpm-3BL, for adult plant resistance to Powdery Mildew in wheat using multilocus GWAS. *BMC Plant Biology*. 2021. 21. P. 357. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12870-021-03093-4>.
  13. Kang Y., Zhou M., Merry A., Barry K. Mechanisms of Powdery Mildew resistance of wheat – a review of molecular breeding. *Plant Pathology*. 2020. 69(3). P. 601–617. DOI: <https://doi.org/10.1111/ppa.13166>.
  14. Li M., Dong L., Li B., Wang Z., Xie J., Qiu D., Li Y., Shi W., Yang L., Wu Q., Chen Y., Lu P., Guo G., Zhang H., Zhang P., Zhu K., Li Y., Zhang Y., Wang R., Yuan C., Liu W., Yu D., Luo M.-C., Fahima T., Nevo E., Li H. and Liu Z. A CNL protein in wild emmer wheat confers Powdery Mildew resistance. *New Phytologist*. 2020. 228(3). P. 1027–1037. DOI:<https://doi.org/10.1111/nph.16761>.
  15. Hinterberger V., Douchkov D., Lück S., Kale S., Mascher M., Stein N., Reif J.C. and Schulthess A.W. Mining for new sources of resistance to Powdery Mildew in genetic resources of winter wheat. *Frontiers in Plant Science*. 2022. 13. P. 836723. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.836723>.
  16. Hu J., Gebremariam T.G., Zhang P., Qu Y., Qiu D., Shi X., Li Y., Wu Q., Luo M., Yang L., Zhang H., Yang L., Liu H., Zhou Y., Liu Z., Wang B., Li H. Resistance to Powdery Mildew is conferred by different genetic loci at the adult-plant and seedling stages in winter wheat line Tianmin 668. *Plant Disease*. 2023. 107(7). P. 2133–2143. DOI: <https://doi.org/10.1094/PDIS-11-22-2633-RE>.
  17. Alam M.A., Xue F., Wang C., & Ji W. Powdery mildew resistance genes in wheat: identification and genetic analysis. *Journal of Molecular Biology Research*. 2011. 1(1). P. 20–39. URL: <https://dx.doi.org/10.5539/jmbr.v1n1p20>.
  18. Alemu A., Brazauskas G., Gaikpa D.S., Henriksen T., Islamov B., Jørgensen L. N., Koppel M., Koppel R., Liatukas Ž., Svensson J. T and Chawade A. Genome-wide association analysis and genomic prediction for adult-plant resistance to *Septoria Tritici* blotch and Powdery Mildew in winter wheat. *Frontiers in Genetics*. 2021. 12. P. 661742. DOI: <https://doi.org/10.3389/fgene.2021.661742>.
  19. Nordestgaard N.V., Thach T., Sarup P., Rodriguez-Algaba J., Andersen J. R., Hovmøller M.S., Jahoor A., Jørgensen L.N., Orabi J. Multi-parental populations suitable for identifying sources of resistance to Powdery Mildew in winter wheat. *Frontiers in Plant Science*. 2021. 11. P. 570863. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.570863>.
  20. Демидов О.А., Кириленко В.В., Гуменюк О.В., Лісова Г.М., Дубовик Н.С., Лось Р.М. Метод гібридизації у селекції *Triticum aestivum* L. В умовах центрального Лісостепу України : моногр. / за ред. О. А. Демидова. Київ : Компринт, 2022. 265 с.
  21. Ермантраут Е.Р., Гопцій Т.І., Каленська С.М. та ін. Методика селекційного експерименту (у рослинництві). Харків, 2014. 229 с.
  22. Опря А.Т., Дорогань-Писаренко Л.О., Єгорова О.В., Кононенко Ж.А. Статистика (модульний варіант з програмованою формою контролю знань). 2-ге видання, переробл., і доп. Київ : Центр учбової літератури, 2014. 536 с.
  23. Шелепов В.В., Дубовий В.І., Кириленко В.В. та ін. Створення стійких сортів озимої пшениці з використанням комплексних інфекційних фонів

- патогенів у ланках селекційного процесу: метод. реком. / за ред. М.П. Лісового, В.В. Шелепова. Київ: Колобіг. 2005. 20 с.
24. Патент на корисну модель № 128676 Україна. Спосіб добору за комплексною стійкістю проти основних збудників хвороб пшениці м'якої озимої / Кириленко В.В., Демидов О.А., Гуменюк О.В., Дубовик Н.С., Близнюк Б.В., Лісова Г.М.; МПК (2018.01), А01Н 1/00, А01Н 3/00, № а 2017 11026; заяв. 13.11.2017; опубл. 10.10.2018, Бюл. № 19.
25. Griffing B. Analysis of quantitative gene-action by constant parent regression and related techniques. *Genetics*. 1950. V. 35. P. 303–321.
26. Beil G. M., Atkins R. E. Inheritance of quantitative characters in grain sorghum. *Iowa State Journal*. 1965. № 39. P. 3.
27. Pichura V., Potravka L., Vdovenko N., Biloshkurenko O., Straticuk N., Baysha K. Changes in Climate and Bioclimatic Potential in the Steppe Zone of Ukraine. *Journal of Ecological Engineering*. 2022. 23(12). P. 189–202. DOI: <https://doi.org/10.12911/22998993/154844>.
28. Tarariko O., Iliencko T., Kuchma T., Velychko V. Dynamics of climate changes and its effect on the performance of cereals according to satellite data. *Agricultural Science and Practice*. 2022. 9(2). P. 64–80. DOI: <https://doi.org/10.15407/agrisp9.02.064>.

## REFERENCES

1. Simeone R., Piarulli L., Nigro D., Signorile M.A., Blanco E., Mangini G., Blanco A. (2020). Mapping *Powdery Mildew* (*Blumeria graminis* f. sp. tritici) resistance in wild and cultivated tetraploid wheats. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(21), 7910. doi: <https://doi.org/10.3390/ijms21217910> [in English].
2. Figueroa M., Hammond-Kosack K.E., Solomon P.S. (2018). A review of wheat diseases—a field perspective. *Molecular Plant Pathology*, 19 (6), 1523–1536. DOI: <https://doi.org/10.1111/mpp.12618> [in English].
3. Leonov O. Yu., Petrenkova V. P., Luchna I. P., Suvorova K. Yu., Chugayev S. V. (2016). Wheat diseases common in Ukraine, harmfulness, genetic control and effectiveness of selection for resistance. *Breeding and Seed Production*, 109, 53–92 [in Ukrainian].
4. Kyrychenko A., Havryliuk N., Kuzmenko L., Raichuk T., Borco Y. (2021). Influence of weather conditions on entomological and phytopathogenic complexes of winter wheat in autumn and spring-summer growth season of the forest-steppe zone. *Ukrainian Journal of Ecology*, 11(2), 155–158. doi: 10.15421/2021\_93 [in English].
5. Murashko L.A., Mukha T.I., Gumenyuk O.V., Novitska N.V., Martynov O.M. (2022). Assessment of the resistance of winter wheat varieties of breeding centers of Ukraine to diseases on artificial infectious backgrounds of their pathogens. *Agrarian Innovations*, 13, 209–214. DOI: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2022.13.30> [in Ukrainian].
6. Osmachko O.M., Bakumenko O.M., Vlasenko V.A. (2020). Creation of breeding material of soft winter wheat for resistance to leaf diseases in the conditions of the northeastern Forest-Steppe: monograph. Sumy: FOP Lytovchenko E. B., 214 [in Ukrainian].
7. Bapela T., Shimelis H., Terefe T., Bourras S., Sánchez-Martin J., Douchkov D., Desiderio F., Tsilo T. J. (2023). Breeding Wheat for Powdery Mildew Resistance: Genetic Resources and Methodologies – A Review. *Agronomy*, 13(4), 1173. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy13041173> [in English].
8. Peresyppkin V.F. (2000). *Agricultural Phytopathology: Textbook*. Kyiv: Agrarna osvita. 415 p. [in Ukrainian].
9. Zhupyna A.Yu., Bazalii G.G., Usyk L.O., Marchenko T.Yu., Lavrynenko Yu.O. (2022). Inheritance of powdery mildew resistance (*Blumeria graminis* F. sp. tritici Bgt.) in winter wheat hybrids of different ecological and genetic origin under irrigation conditions. *Agrarian Innovations*, 13, 199–208. DOI: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2022.13.29> [in Ukrainian].
10. Babayants O.V., Babayants L.T. (2014). *Fundamentals of selection and methodology for assessing wheat resistance to disease pathogens*. Odessa. 401 p. [in Ukrainian].
11. Kaur R., Vasistha N.K., Ravat V.K., Mishra V.K., Sharma S., Joshi A.K., Dhariwal R. (2023). Genome-wide association study reveals novel Powdery Mildew resistance loci in bread wheat. *Plants*, 12, 3864. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants12223864> [in English].
12. Du X., Xu W., Peng C. et al. (2021). Identification and validation of a novel locus, Qpm-3BL, for adult plant resistance to *Powdery Mildew* in wheat using multilocus GWAS. *BMC Plant Biology*, 21, 357. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12870-021-03093-4> [in English].
13. Kang Y., Zhou M., Merry A., Barry K. (2020). Mechanisms of *Powdery Mildew* resistance of wheat – a review of molecular breeding. *Plant Pathology*, 69(3), 601–617. DOI: <https://doi.org/10.1111/ppa.13166> [in English].

14. Li M., Dong L., Li B., Wang Z., Xie J., Qiu D., Li Y., Shi W., Yang L., Wu Q., Chen Y., Lu P., Guo G., Zhang H., Zhang P., Zhu K., Li Y., Zhang Y., Wang R., Yuan C., Liu W., Yu D., Luo M.-C., Fahima T., Nevo E., Li H. and Liu Z. (2020). A CNL protein in wild emmer wheat confers *Powdery Mildew* resistance. *New Phytologist*, 228(3), 1027–1037. DOI: <https://doi.org/10.1111/nph.16761> [in English].
15. Hinterberger V., Douchkov D., Lück S., Kale S., Mascher M., Stein N., Reif J. C. and Schulthess A.W. (2022). Mining for new sources of resistance to *Powdery Mildew* in genetic resources of winter wheat. *Frontiers in Plant Science*, 13, 836723. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.836723> [in English].
16. Hu J., Gebremariam T. G., Zhang P., Qu Y., Qiu D., Shi X., Li Y., Wu Q., Luo M., Yang L., Zhang H., Yang L., Liu H., Zhou Y., Liu Z., Wang B., Li H. (2023). Resistance to *Powdery Mildew* is conferred by different genetic loci at the adult-plant and seedling stages in winter wheat line Tianmin 668. *Plant Disease*, 107(7), 2133–2143. DOI: <https://doi.org/10.1094/PDIS-11-22-2633-RE> [in English].
17. Alam M. A., Xue F., Wang C., & Ji W. (2011). *Powdery mildew* resistance genes in wheat: identification and genetic analysis. *Journal of Molecular Biology Research*, 1(1), 20–39. URL: <https://dx.doi.org/10.5539/jmbr.v1n1p20> [in English].
18. Alemu A., Brazauskas G., Gaikpa D. S., Henriksson T., Islamov B., Jørgensen L.N., Koppel M., Koppel R., Liatukas Ž., Svensson J. T and Chawade A. (2021). Genome-wide association analysis and genomic prediction for adult-plant resistance to *Septoria Tritici* blotch and *Powdery Mildew* in winter wheat. *Frontiers in Genetics*, 12, 661742. DOI: <https://doi:10.3389/fgene.2021.661742> [in English].
19. Nordestgaard N.V., Thach T., Sarup P., Rodriguez-Algaba J., Andersen J. R., Hovmøller M.S., Jahoor A., Jørgensen L. N., Orabi J. (2021). Multi-parental populations suitable for identifying sources of resistance to *Powdery Mildew* in winter wheat. *Frontiers in Plant Science*, 11, 570863. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.570863> [in English].
20. Demidov O.A., Kyrylenko V.V., Gumenyuk O.V., Lisova G.M., Dubovik N.S., Los R.M. (2022). Hybridization method in breeding *Triticum aestivum* L. In the conditions of the central forest-steppe of Ukraine: monograph / edited by O. A. Demidov. Kyiv: Komprint. 265 p. [in Ukrainian].
21. Ermantraut E.R., Hoptsi T.I., Kalenska S.M. et al. (2014). Methodology of breeding experiment (in crop production). Kharkiv. 229 p. [in Ukrainian].
22. Oprya A.T., Dorogan-Pysarenko L.O., Yegorova O.V., Kononenko Zh. (2014). A. Statistics (modular version with a programmable form of knowledge control). 2nd edition, revised and supplemented. Kyiv: Center for Educational Literature. 536 p. [in Ukrainian].
23. Shelepov V.V., Dubovy V.I., Kyrylenko V.V. et al. (2005). Creation of resistant varieties of winter wheat using complex infectious backgrounds of pathogens in the links of the breeding process: method. recom. / edited by M.P. Lisovoy, V.V. Shelepov. Kyiv: Kolobig. 20 p. [in Ukrainian].
24. Patent for utility model No. 128676 Ukraine (2018). Method of selection for complex resistance to the main pathogens of soft winter wheat diseases / Kyrylenko V.V., Demidov O.A., Gumenyuk O.V., Dubovyk N.S., Blyznyiuk B.V., Lisova G.M.; IPC (2018.01), A01N 1/00, A01N 3/00, No. a 2017 11026; appl. 13.11.2017; publ. 10.10.2018, Bull. No. 19 [in Ukrainian].
25. Griffing B. (1950). Analysis of quantitative gene-action by constant parent regression and related techniques. *Genetics*, 35, 303–321 [in English].
26. Beil G. M., Atkins R.E. (1965). Inheritance of quantitative characters in grain sorghum. *Iowa State Journal*, 39, 3 [in English].
27. Pichura V., Potravka L., Vdovenko N., Biloshkurenko O., Strachuk N., Baysha K. (2022). Changes in Climate and Bioclimatic Potential in the Steppe Zone of Ukraine. *Journal of Ecological Engineering*, 23(12), 189–202. DOI: <https://doi.org/10.12911/22998993/154844> [in English].
28. Tarariko O., Iliencko T., Kuchma T., Velychko V. (2022). Dynamics of climate changes and its effect on the performance of cereals according to satellite data. *Agricultural Science and Practice*, 9(2), 64–80. DOI: <https://doi.org/10.15407/agrisp9.02.064> [in English].

### Khoroshko N.M., Kyrylenko V.V.

#### *Breeding of *Triticum aestivum* L. for resistance to the pathogen *Blumeria graminis* f. sp. *tritici* in the conditions of the central Forest-Steppe of Ukraine*

**Aim.** To assess and characterize the intensity of damage by *Blumeria graminis* f. sp. *tritici* to common winter wheat varieties and to isolate resistant genotypes. To select components for crossing that have a high potential for

resistance to the pathogen. To analyze the inheritance of the trait of resistance to this pathogen in intervarietal  $F_1$  hybrids of common winter wheat. **Methods.** The researches were organised at the V. M. Remeslo Myronivka Institute of Wheat named after of the NAAS in the laboratory of winter wheat breeding during 2022/23–2024/25. The research material was common winter wheat varieties of Ukrainian selection, entered in different years in the State Register of Plant Varieties Suitable for Distribution in Ukraine with grain quality indicators at the level of strong wheat and 30  $F_1$  hybrids of common winter wheat created by reciprocal crosses with different inheritance patterns. **Methods.** Field, laboratory, statistical analysis. The experiment was designed and observations were carried out according to the methods: O. S. Mazmanishvili (2010), A. T. Oprya et al. (2014), Patent for a Utility Model No. 128676 Ukraine (2018), Beil G. M. (1965). **Results.** According to research in the conditions of 2023 very high resistance to *Blumeria graminis* (0.1–5.0%) was established in 54.8% of varieties: Ekpromt (2.4%), Aurora Myronivska (2.8%), Zolotokolosa (3.0%), Zhuravka Odesska (3.1%), Doskonaist Odesska (3.2%), MIP Yuvileyna (3.6%) and others. High resistance (5.1–10.0%) was characterized by 35.5% of varieties, resistance (10.0–20.0%) – 9.7%. In the conditions of 2024, very high resistance to the pathogen *Blumeria graminis* (0.1–5.0%) was established in 12.9% of varieties: MIP Yuvileyna (3.0%); MIP Knyazhna, Podolyanka (3.8%), Spadshchyna Odesska (5.0%). Highly resistant (5.1–10.0%) – 45.2% of varieties, resistant (10.0–20.0%) – 32.3%, weakly resistant (20.1–30.0%) – 9.7%. In 2025, very high resistance to the pathogen was detected in 12.9% of varieties: MIP Yuvileyna (3.0%); MIP Knyazhna, Kubok, Spadshchyna Odesska (5.0%). 38.7% of varieties were distinguished with highly resistant, resistant – 45.2% of varieties, weakly resistant – 3.2%. **Conclusions.** According to three-year data for 2023–2025. The following common winter wheat varieties were identified as the best in terms of resistance to the pathogen *Blumeria graminis*: MIP Yuvileyna with an intensity of damage (3.6%, 3.0%, 3.0%, respectively), MIP Knyazhna (4.6%, 3.8%, 5.0%, respectively). In 2024 and 2025, negative dominance (which is positive for selection for resistance) was noted in seven hybrid combinations: MIP Knyazhna / Aurora Myronivska, Aurora Myronivska / MIP Knyazhna, Aurora Myronivska / Pokrovska, Pokrovska / Geysler, Geysler / Aurora Myronivska, Geysler / MIP Knyazhna, Glad / Geysler. Intermediate inheritance in 2024 and 2025 was observed in the hybrid Glad / MIP Knyazhna.

**Key words:** soft winter wheat, variety, hybrid, phenotypic dominance, resistance, powdery mildew, intensity of damage.

#### ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

**Хорошко Н.М.**, аспірантка, молодший науковий співробітник лабораторії якості зерна Миронівського інституту пшениці імені В.М. Ремесла НААН, ORCID: 0000-0002-0663-1968.

**Кириленко В.В.**, доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, заступниця директора з наукової роботи Миронівського інституту пшениці імені В.М. Ремесла НААН, ORCID: 0000-0002-8096-4488.

**Khoroshko N.M.**, PhD student, junior researcher at the Grain Quality Laboratory, the V.M. Remeslo Myronivka Institute of Wheat of NAAS, ORCID: 0000-0002-0663-1968.

**Kyrylenko V.V.**, Doctor of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Deputy Director, the V.M. Remeslo Myronivka Institute of Wheat of NAAS, ORCID: 0000-0002-8096-4488.

Надійшла 19.05.2025

Наукове видання

# Землеробство та рослинництво: теорія і практика

*науково-теоретичний журнал*

**Випуск 3 (17), 2025**

Підписано до друку 09.09.2025.  
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](mailto:info@tvoru.com.ua)  
<http://www.tvoru.com.ua>