

Землеробство та рослинництво: теорія і практика

Випуск 2 (16), 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 № 6 від 17 червня 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., PATYKA 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: zbirnuk_iz@ukr.net, сайт: www.journal-agriplant.com

Зміст

ЗЕМЛЕРОБСТВО, МЕЛІОРАЦІЯ, ҐРУНТОЗНАВСТВО, АГРОХІМІЯ

Демиденко О.В., Шаповал І.С., Ярмілко С.А. ПРОДУКТИВНІСТЬ КУЛЬТУР У П'ЯТИПІЛЬНИХ СІВОЗМІНАХ ЗА РІЗНИХ ДОЗ ДОБРІВ У ЛІВОБЕРЕЖНОМУ ЛІСОСТЕПУ	5
Кирилюк В.П., Ковальчук Н.В. ПОШУК ЕФЕКТИВНОЇ СИСТЕМИ ОСНОВНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ ПІД ЯЧМІНЬ ЯРИЙ ЗА СУЧАСНИХ УМОВ	14
Борис Н.Є., Пташнік М.М. РОЛЬ КУКУРУДЗИ У ФОРМУВАННІ ПРОДУКТИВНОСТІ КОРОТКОРОТАЦІЙНОЇ СІВОЗМІНИ ЗА РІЗНИХ СИСТЕМ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ В УМОВАХ ЗМІНИ КЛІМАТУ	24

РОСЛИННИЦТВО, КОРМОВИРОБНИЦТВО, ЛУКІВНИЦТВО

Ямковий В.Ю., Подберезко І.М., Фурдига М.М. ВПЛИВ ПРЕПАРАТІВ БІОЛОГІЧНОГО ПОХОДЖЕННЯ НА УРОЖАЙНІСТЬ ТА ЯКІСНІ ПОКАЗНИКИ БУЛЬБ КАРТОПЛІ В УМОВАХ ПІВДЕННОГО ПОЛІССЯ УКРАЇНИ	34
Дворецька С.П., Любчич О.Г., Шевчук М.І. ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ КВАСОЛІ ЗА ОРГАНІЧНОЇ СИСТЕМИ ЗЕМЛЕРОБСТВА	42
Юла В.М., Камінська В.В., Породько М.А., Мушик Б.В., Дудка О.Ф. ОСОБЛИВОСТІ ЖИВЛЕННЯ РОСЛИН ЯЧМЕНЮ ЯРОГО ЗА РІЗНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОЩУВАННЯ	51
Голодна А.В., Буслаєва Н.Г. ЯКІСТЬ НАСІННЯ СОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД ПОГОДНИХ УМОВ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ В ПРАВОБЕРЕЖНОМУ ЛІСОСТЕПУ	61
Кургак В.Г., Карбівська У.М. ПРОДУКТИВНІСТЬ СІЯНОГО ЗЛАКОВОГО ТРАВостою ЗАЛЕЖНО ВІД ДОЗ І СПІВВІДНОШЕНЬ АЗОТУ, ФОСФОРУ І КАЛІЮ ДОБРІВ	72
Грищенко Р.Є., Гордієнко М.В. ЕФЕКТИВНІСТЬ ПІДЖИВЛЕНЬ У ФОРМУВАННІ ВРОЖАЮ ПРОСА ЗВИЧАЙНОГО В ПРАВОБЕРЕЖНОМУ ЛІСОСТЕПУ	82
Тимошук Т.М., Кирилюк В.П., Ковальчук Н.В., Невмержицька О.М. ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЇ ОСНОВНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ ПІД ПОСІВ ГІРЧИЦІ БІЛОЇ В УМОВАХ СТАЛОГО СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА	91

СЕЛЕКЦІЯ, ГЕНЕТИКА, БІОТЕХНОЛОГІЯ, НАСІННИЦТВО

Голик Л.М., Левченко О.С., Івашенко С.Ф. ФОРМУВАННЯ ВРОЖАЙНОСТІ МАТЕРИНСЬКИХ ЛІНІЙ ГІБРИДА КУКУРУДЗИ ХОРОЛ СВ ЗАЛЕЖНО ВІД МЕТОДІВ КАСТРАЦІЇ ТА ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ	100
Хорошко Н.М., Муха Т. І. ХАРАКТЕРИСТИКА ВИХІДНОГО МАТЕРІАЛУ <i>TRITICUM AESTIVUM</i> L. СТВОРЕНОГО ЗА УЧАСТІ СОРТІВ ІЗ ПОКАЗНИКАМИ ЯКОСТІ СИЛЬНОЇ ПШЕНИЦІ	112

Contents

AGRICULTURE, MELIORATION, SOIL SCIENCE, AGROCHEMISTRY

- Demydenko O.V., Shapoval I.S., Yarmilko S.A.**
**PRODUCTIVITY OF CROPS IN FIVE-FIELD CROP ROTATIONS AT DIFFERENT FERTILISER
DOSES IN THE LEFT-BANK FOREST-STEPPE** 5
- Kyrylyuk V. P., Kovalchuk N. V.**
**SEARCH FOR AN EFFECTIVE SYSTEM OF MAIN TILLAGE FOR SPRING BARLEY UNDER
MODERN CONDITIONS** 14
- Borys N.Y., Ptashnik M.M.**
**THE ROLE OF CORN IN FORMING THE PRODUCTIVITY OF SHORT CROP ROTATION
UNDER VARIOUS SOIL TILLAGE SYSTEMS IN CONDITIONS OF CLIMATE CHANGES** 24

PLANT PRODUCTION, FEED PRODUCTION, GRASSLAND SCIENCE

- Yamkoviyy V.Y., Podberezko I.M., Furdyha M.M.**
**THE INFLUENCE OF BIOLOGICAL PREPARATIONS ON THE YIELD AND QUALITY
INDICATORS OF POTATO TUBERS IN THE SOUTHERN POLISSYA OF UKRAINE** 34
- Dvoretska S.P., Liubchych O.H., Shevchuk M.I.**
**FEATURES OF COMMON BEAN CULTIVATION TECHNOLOGY UNDER THE ORGANIC
FARMING SYSTEM** 42
- Yula V.M., Kaminska V.V., Porodko M.A., Mushyk B.V., Dudka O.F.**
**FEATURES OF SPRING BARLEY PLANT NUTRITION UNDER DIFFERENT GROWING
TECHNOLOGIES** 51
- Golodna A.V., Buslayeva N.H.**
**QUALITY OF SOYBEAN SEEDS DEPENDING ON WEATHER CONDITIONS
AND CULTIVATION TECHNOLOGY IN THE RIGHT-BANK FOREST-STEPPE** 61
- Kurhak V. G., Karbivska U.M.**
**PRODUCTIVITY OF SOWED CEREAL GRASS DEPENDS ON THE DOSES
AND RATIO OF NITROGEN, PHOSPHORUS AND POTASSIUM FERTILIZERS** 72
- Hryshchenko R.Ye., Hordiienko M.V.**
**EFFECTIVENESS OF FERTILIZATION IN YIELD FORMATION OF MILLET
IN THE RIGHT-BANK FOREST-STEPPE** 82
- Tymoshchuk T. M., Kyryliuk V. P., Kovalchuk N.V., Nevmerzhytska O.M.**
**OPTIMIZATION OF THE TECHNOLOGY OF BASIC SOIL TILLAGE FOR SOWING
WHITE MUSTARD IN SUSTAINABLE AGRICULTURE** 91

PLANT BREEDING, GENETICS, BIOTECHNOLOGY, SEED PRODUCTION

- Holyk L.M., Levchenko O.S., Ivashchenko S.F.**
**FORMATION OF YIELD OF HYBRID CORN KHOROL SV DEPENDS ON THE
APPLICATION OF CHEMICAL PROTECTIVE MEASURES DURING HYBRIDIZATION** 100
- Khoroshko N.M., Mukha T.I.**
**CHARACTERISTICS OF THE STARTING MATERIAL OF *TRITICUM AESTIVUM* L.
CREATED WITH THE PARTICIPATION OF VARIETIES WITH QUALITY INDICATORS OF STRONG WHEAT** 121

ПРОДУКТИВНІСТЬ КУЛЬТУР У П'ЯТИПІЛЬНИХ СІВОЗМІНАХ ЗА РІЗНИХ ДОЗ ДОБРИВ У ЛІВОБЕРЕЖНОМУ ЛІСОСТЕПУ

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

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

Мета. Дослідити вплив різних доз добрив на урожайність та продуктивність 5-пільних сівозмін різного типу за умов кліматичних змін 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 в середньому за 2016–2023 рр. забезпечили урожайність 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. **Висновки.** Встановлено, що найбільш оптимальна та економічно доцільна доза добрив на 1 га ріллі $N_{45}P_{49}K_{61}$ сприяла зростанню урожаю зерна на 6,1%, виходу кормових одиниць на – 10,8%, чистого прибутку – на 6,6% порівняно з дозою добрив $N_{31}P_{33}K_{41}$. Продуктивність 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). Застосування системи інтенсивного землеробства забезпечує підвищення загального рівня продуктивності сільськогосподарських культур за рахунок внесення оптимальних доз добрив за застосування сучасних короткоротаційних 5-пільних сівозмін [1–5], що є актуальним у сучасних умовах лісостепової зони України [3; 9].

Мета. Дослідити вплив різних доз добрив на урожайність та продуктивність 5-пільних сівозмін різного типу за умов кліматичних змін зони нестійкого зволоження Лівобережного Лісостепу України.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На сучасному етапі ведення землеробства в Центральному Лісостепу залишаються інтенсивні технології вирощування сільськогосподарських культур, а одними з найважливішими заходами, що визначають продуктивність сівозмін та рівень родючості чорнозему, є сівозміна та добрива [4; 5; 10]. Науково обґрунтовані сівозміни дають можливість повною мірою реалізувати генетичний потенціал сучасних сортів і гібридів сільськогосподарських культур, що є вагомим чинником забезпечення продовольчої безпеки у період

військового стану. Продуктивність сівозмін загалом та рівень продуктивності окремих культур більшою мірою залежить від попередників, системи обробітку ґрунту, удобрення та засобів захисту рослин [1; 10].

Методика та методи досліджень. Досліди проводили в 2016–2023 рр. у багатофакторному досліді Черкаської державної сільськогосподарської дослідної станції ННЦ «ІЗ НААН» (Драбівське дослідне поле) на чорноземі типовому малогумусному легкосуглинковому Лівобережного Лісостепу України. Географічні координати: 40°57'20"Пш та 32°07'55"Сд. Висота над рівнем моря – 125 м. Агрохімічна характеристика чорнозему: уміст гумусу (За Тюриним і Коновою) – 3,8–4,2%, уміст рухомого фосфору – 101–140 мг/кг ґрунту, уміст рухомого калію – 80–100 мг/кг ґрунту, $pH_{\text{сол}} = 6,8–7,0$.

Вивчався вплив різних доз добрив на урожайність культур у сівозмінах різного типу: сівозміна А – 1 – багаторічні трави, 2 – пшениця озима, 3 – буряки цукрові, 4 – кукурудза, 5 – ячмінь + трави. Сівозміна В – 1 – горох, 2 – пшениця озима, 3 – буряки цукрові, 4 – кукурудза, 5 – кукурудза. Структура сівозмін:

А – зернові 60%, зокрема: 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 у основне удобрення під оранку. Дози добрив під культури в сівозмінах показана в табл. 1.

Результати польових дослідів піддавали статистичній обробці методом дисперсійного аналізу [11]. Узагальнення результатів досліджень проводили за допомогою програми «STATISTIKA – 10».

Кліматичні умови проведення досліджень. Річна кількість опадів у середньому за роки досліджень становила – 538 мм. По періодам року опади 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 була в 2018 р.: в червні – 107 мм та у липні – 168 мм, а найменша – в 2016 р. і в 2019 р. Для вирощування пшениці озимої найбільш сприятливі умови були в 2016 р., коли випало – 130 мм та в 2020 р. – 101 мм опадів. Найменша кількість опадів випала в 2017 р. і 2019 р.: 20–22 мм (за норми опадів у 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 і 52 мм).

У середньому за 2016–2023 рр. в період з жовтня по лютий (холодний період року) кількість атмосферних опадів перевищувала середньобогаторічні значення за останні 30 років спостережень на 55 мм за загальної кількості 241 мм. У травні перевищення

Таблиця 1. Дози добрив під культури в сівозмінах А і В

Горох, трави	Пшениця озима	Кукурудза, ячмінь	Буряки цукрові
Без добрив	Без добрив	Без добрив	Без добрив
$P_{30}K_{40}$	$N_{30}P_{40}K_{50}$	$N_{30}P_{20}K_{30}$	$N_{65}P_{55}K_{55}$
$P_{45}K_{60}$	$N_{45}P_{60}K_{75}$	$N_{45}P_{30}K_{45}$	$N_{97}P_{82}K_{97}$
$P_{60}K_{80}$	$N_{60}P_{80}K_{100}$	$N_{60}P_{40}K_{60}$	$N_{130}P_{110}K_{110}$
$N_{40}P_{40}K_{40}$	$N_{100}P_{40}K_{60}$	$N_{60}P_{40}K_{60}$	$N_{90}P_{80}K_{80}$
$N_{30}P_{60}K_{80}$	$N_{75}P_{60}K_{80}$	$N_{67}P_{30}K_{75}$	$N_{67}P_{80}K_{120}$

Примітки. 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.

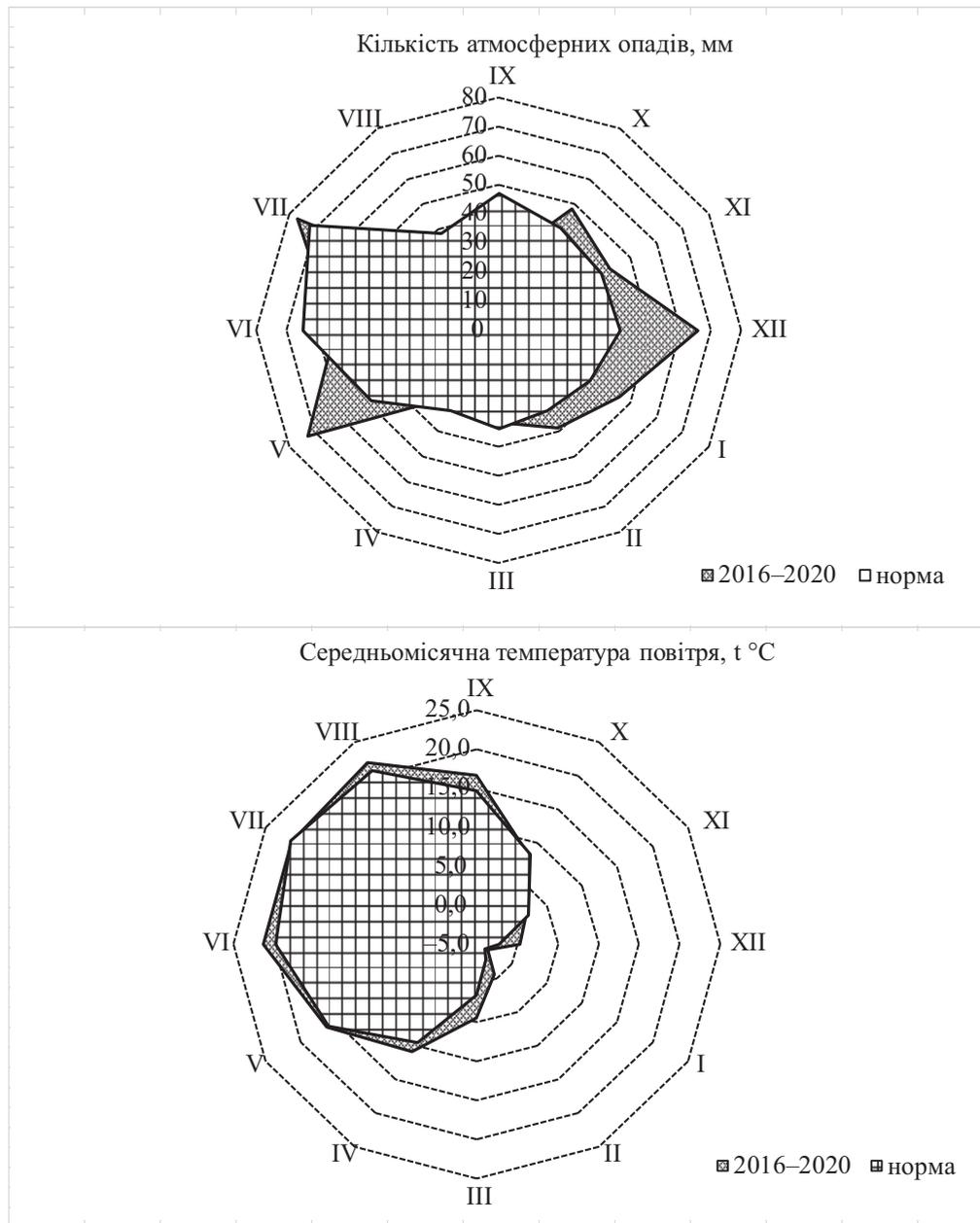
кількості опадів над нормою сягало 24 мм за загальної кількості опадів 73 мм. У наступні місяці вегетації культур у сівозмінах кількість опадів була меншою за середньобогаторічні значення див. (рис.).

Річна температура повітря за 2016–2023 рр. в середньому була +9,8 °С з коливанням по роках від +9,0 до +11,0 °С. У період червень–серпень температура повітря досягала +21,2–21,9 °С, з температурою на поверхні ґрунту +52 °С. 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 період досліджень ГТК за Селяніновим в період квітень–липень сягав 1,0–1,10 (оптимальні умови зволоження), що відповідало середньобогаторічному значенню. У липні ГТК=0,22 (сухі умови), а за нормою умови відповідали помірно сухим умовам (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. Внесення добрив дає можливість підвищити врожай зернових – на 35–50% і зберегти родючість ґрунту [12–14]. Встановлено, що в середньому за 2016–2023 рр. на контролі без внесення добрив у сівозмінах отримано врожайність пшениці озимої 3,3–3,45 т/га, а за внесення добрив $N_{30}P_{40}K_{50}$ (оптимальна доза) сприяло зростанню врожайності зерна пшениці в сівозміні В – на 1,97 т/га, або на 55,4%, а в сівозміні А за внесення добрив $N_{45}P_{60}K_{75}$ приріст урожайності зерна збільшився, порівняно з оптимальною дозою, на 10,6–18,2%. За збільшення дози добрив до $N_{60}P_{80}K_{100}$ пшениця озима забезпечувала зростанням урожайності зерна в сівозміні з травами, ніж у сівозміні з горохом: приріст зерна зріс на 1,5%, а порівняно з дозою добрив $N_{45}P_{60}K_{75}$ – на 8,2%. Розрахункова доза добрив $N_{100}P_{80}K_{100}$ збільшувала врожайність зерна порівняно з дозою добрив $N_{60}P_{80}K_{100}$ на 3,6% (після трав) та 2,1% (після гороху).

Загалом, порівнюючи врожайність зерна пшениці озимої по гороху і однорічним травам, перевагу слід надати гороху, як попереднику: приріст урожаю за рахунок попередника становить 0,15–0,24 т/га. За рахунок добрив приріст урожаю сягає 51,2–81,8%.



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

Найбільш доцільна 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 агротехнологічних умов вирощування, а основою є сівозміни й удобрення [15; 16]. В період 2016–2023 рр. кукурудза забезпечувала високі урожаї зерна від 9,78 до 12,0 т/га. Так, за рахунок природної родючості ґрунту (без внесення добрив) одержано врожайність зерна – 7,2–7,3 т/га. За розміщенням кукурудзи після буряків цукрових (сівозміна А) на контролі без добрив урожайність зерна становила – 7,2–7,3 т/га, а в повторному посіві урожайність зерна кукурудзи була вищою – на 2,6% (табл. 3).

Внесення дози добрив $N_{30}P_{20}K_{30}$ сприяло зростанню врожайності зерна в 1,19–1,2 раза порівняно з контролем без добрив, а підвищення дози добрив до $N_{45}P_{30}K_{45}$ збільшило урожайність зерна кукурудзи, порівняно дозою $N_{30}P_{20}K_{30}$, в 1,12 раза, а після повторної кукурудзи (сівозміна В) зростання врожайності було вищим неістотним (табл. 3).

Підвищення дози добрив до $N_{60}P_{40}K_{60}$ забезпечувало зростання врожайності зерна в 1,11 раза, або на 26,6–32,5%. Найвищий приріст урожаю за дози добрив $N_{60}P_{40}K_{60}$ було в сівозміні А, тоді як у сівозміні В урожайність зерна знизилася на 9,4%.

Кукурудза реагує на збільшення дози азоту в складі повного мінерального удобрення: за співвідношення

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

Удобрення	Сiвозмiна А			Сiвозмiна В			
	Попередник – трави			Попередник – горох			
	урожайність, т/га	прирiст, т/га	%	урожайність, 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			

Таблиця 3. Урожайність зерна кукурудзи на зерно залежно вiд типу сiвозмiни та добрив за 2016–2023 рр.

Удобрення	Сiвозмiна А			Сiвозмiна В					
	буряки цукровi			буряки цукровi			кукурудза		
	урожайність, т/га	прирiст, т/га	%	урожайність, т/га	прирiст, т/га	%	урожайність, т/га	прирiст, т/га	%
Без добрив	7,30	–	–	7,22	–	–	7,41	–	
Побiчна продукцiя	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
НП _{0,05}	0,15			0,12					

НПК 4,5:1,0:1,5 (N₉₀P₂₀K₃₀), прирiст зерна, порiвняно з дозою добрив N₆₀P₄₀K₆₀, становила +0,11 т/га, або 1,6–2,2%, але пiсля повторної кукурудзи у сiвозмiнi, встановлено зниження врожайності зерна на 4,2%.

Для вирiшення проблеми збiльшення i стабiлiзацiї виробництва зерна значну увагу придiляють пiдвищенню врожайності ячменю ярого, оскiльки ця культура є стратегiчно важливою, а за посiвними площами посiдає третє мiсце пiсля пшеницi та кукурудзи [17;18]. Встановлено, що в перiод 2016–2023 рр. за рахунок сiвозмiнного фактора на контролi без добрив урожайність зерна ячменю становила 2,40 т/га (табл.4).

Найбiльш оптимальною була доза добрив N₄₅P₃₀K₄₅, яка забезпечила прирiст урожаю зерна: +1,07 т/га, що

Таблиця 4. Урожайність ячменю ярого в сiвозмiнi А залежно вiд добрив за 2016–2020 рр.

Удобрення	Урожайність, т/га	Прирiст, т/га	%
Без добрив	2,40	–	–
Побiчна продукцiя	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
НП _{0,05}	0,12		

Таблиця 5. Урожайність гороху залежно від добрив у сівозміні В

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
НП _{0,05}	0,11		

становить 44,6% від контролю. Доза добрив N₆₀P₄₀K₆₀ гарантувала приріст зерна порівняно з дозою добрив N₄₅P₃₀K₄₅ на +0,91 т/га, або 17,1%. З розрахункових доз добрив краща доза N₆₇P₃₀K₇₅, яка забезпечила врожайність зерна – 4,6 т/га, або приріст (73,3%) до контролю без добрив (табл. 4).

Введення до складу 5-пільної сівозміни гороху за застосування мінеральної системи удобрення є ефективним чинником формування умов сприятливих для росту культур за рахунок покращання поживного режиму та відтворення родючості ґрунту [19]. Встановлено, що за на контролі без добрив отримано урожайність зерна гороху 2,22 т/га. Кращими були дози добрив P₆₀K₈₀ та N₄₀P₄₀K₄₀, які забезпечили приріст зерна гороху, порівняно з контролем без добрив, на 54,5–62,5%. Заслуговує на увагу доза добрив P₄₅K₆₀, яка збільшувала приріст урожаю зерна щодо контролю на 66,2%. За розрахункових доз добрив (варіанти 6, 7) мали меншу врожайність порівняно з дозою P₄₅K₆₀, тобто горох не реагує на внесення азоту в складі повного мінерального добрива (табл. 5).

Таблиця 6. Урожайність буряків цукрових залежно від типу сівозміни та добрив за 2016–2023 рр.

Удобрення	Сівозміна А			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
НП _{0,05}	0,25			0,27		

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

На контролі без добрив незалежно від типу сівозміни урожайність коренів становила 28,0–28,2 т/га. Найбільш оптимальною була доза добрив N₁₃₀P₁₁₀K₁₁₀, де урожайність коренів зроста порівняно з контролем без добрив у 1,75–1,80 раза, або на 73,7–79,6%. Розрахункові дози добрив, у яких частка 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 агроекономічну оцінку ефективності 5-пільних сівозмін за різного внесення добрив [22]. У сівозміні В збір зернових культур становив – 5,56–6,15 т/га, що вище порівняно з сівозміною А в 1,1–1,2 раза, а вихід зернових одиниць був вищим у 1,31–1,4 раза. Уміст перетравного протеїну вищим був у сівозміні з травами на 0,67 т/га, або 19,7% порівняно з сівозміною з горохом (табл. 7.)

Чистий прибуток у сівозміні В за дози добрив N₄₆P₄₉K₆₁ становив 15,3 тис. грн/га, що вище, ніж у сівозміні А з травами на 38,7%. За внесення подвійної дози добрив (N₆₂P₆₆K₈₂) знижувався рівень чистого прибутку порівняно з дозою добрив N₄₆P₄₉K₆₁ на 4,5%, у той час, як у сівозміні А, чистий прибуток був вищим на 1,4%. Внесення в сівозміні В оптимальної дози добрив (N₃₁P₃₃K₄₁) сприяло отриманню зерна в 1,27 раза, а в сівозміні А в 1,1 раза більше

Таблиця 7. Показники продуктивності та економічної ефективності короткоротаційних сівозмін залежно від внесених добрив 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
$N_{31}P_{33}K_{41}$	5,23	3,14	7,47	0,60	8,54	73	5,56	4,45	9,15	0,56	14,98	110
$N_{45}P_{49}K_{61}$	5,53	3,32	8,15	0,56	9,38	73	5,92	4,74	9,58	0,59	15,30	104
$N_{62}P_{66}K_{82}$	5,86	3,48	8,57	0,69	9,51	68	6,18	4,89	9,55	0,58	14,60	95
$N_{82}P_{40}K_{46}$	5,89	3,54	8,59	0,69	10,4	79	6,20	4,96	9,49	0,57	15,09	102
$N_{59}P_{52}K_{86}$	5,67	3,40	8,43	0,71	9,30	71	6,06	4,85	9,63	0,57	15,78	106

відносно контролю. Вихід кормових одиниць був більшим у 1,22 раза, а чистий прибуток збільшився у 1,71 раза. Найбільш оптимальна та економічно вигідна доза добрив ($N_{46}P_{49}K_{61}$) сприяла зростанню урожаю зерна на 6,1%, а вихід кормових одиниць на 10,8%, чистий прибуток збільшився 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 продуктивність не покриває затрати на мінеральні добрива (табл. 7).

Висновки

В умовах кліматичних змін у бік потепління в Центральному Лісостепу України за 2016–2023 рр. зростання кількості атмосферних опадів за холодний період року досягло – 55 мм, а у травні – 24 мм. Водночас відбулося зменшення кількості опадів у літній період на 20–25% на фоні зростання, середньосісячної температура повітря відносно норми: у весняний період – на +1,5 °С; у літній період – на +0,9 °С;

в осінній період – на +0,7 °С, а за вегетаційний період перевищення середньомісячної температури становило +1,0 °С. Умови вегетації культур у 5-пільних сівозмінах слід розцінювати, як наближені до посушливих.

За рахунок природної родючості чорнозему (контроль без добрив) у сівозмінах різного типу урожайність пшениці озимої сягала 3,0–3,45 т/га, кукурудзи на зерно – 7,2–7,41 т/га, ячменю ярого – 2,4, гороху – 2,2, буряків цукрових – 28,0 т/га. За внесення добрив отримано врожайність пшениці озимої після гороху – 6,0–6,15 т/га, кукурудза – 9,14–9,30, ячменю ярого – 3,88–4,16 т/га. Кращою дозою добрив є $N_{60}P_{40}K_{60}$, яка сформувала врожайність зерна кукурудзи – 9,4–9,7 т/га. Найбільш оптимальна та економічно вигідна доза добрив у сівозмінах була $N_{46}P_{49}K_{61}$, яка сприяла збільшенню врожаю зерна на 6,1 %, виходу кормових одиниць – на 10,8%, отримання чистого прибутку – на 6,6% порівняно з дозою добрив $N_{31}P_{33}K_{41}$ 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). С. 5–13. 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. Монографія. 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. збірник*. 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*. 2021. № 8. С. 41–46.
 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). 91 DOI: [10.32636/01308521.2023-\(73\)-2-7](https://doi.org/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. *Збірник наук. пр. Уманського НУС*. 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](https://doi.org/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](https://doi.org/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](https://doi.org/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](https://doi.org/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. Haruna S.I., Nkongolo N.V. Tillage, cover crop and crop rotation effects on selected soil chemical properties. *Sustainability*. 2019. № 11(10). 2770. doi: [10.3390/su11102770](https://doi.org/10.3390/su11102770).
 24. Bennett O.J., Bending G.D., Chandler D. et. al. Meeting the demand for crop production: the challenge of yield decline in crops grown in short rotations. *Biological Reviews*. 2012. V. 87. P. 52–71. doi: [10.1111/j.1469-185X.2011.00184x](https://doi.org/10.1111/j.1469-185X.2011.00184x).
 25. Davis A.S., Hill J.D., Chase C.A. et. al. Increasing cropping system diversity balances productivity, profitability and environmental health. *PLoS ONE*. 2012. V. 7(10). P. 1–8. doi: [10.1371/journal.pone.0047149](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0047149).
 26. Schütz L., Gattinger A., Meier M. et al. Improving crop yield and nutrient use efficiency via biofertilization – a global meta-analysis. *Front. Plant Sci*. 2018. V. 8. P. 2–13. doi: [10.3389/fpls.2017.02204](https://doi.org/10.3389/fpls.2017.02204).

REFERENCES

1. Kaminskyi V.F., Saiko V.F. (2014). Stratehiia optymizatsii vykorystannia zemelnykh resursiv v ahropromyslovomu vyrobnytstvi Ukrainy v konteksti svitovoho stabilnogo rozvytku. *Visnyk ahrarynoi nauky*, 3, 5–10 [in Ukrainian].
2. Kovalenko A.M. (2015) Sivozminy – vazhlyva skladova efektyvnogo 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., Tsymbal Ya.S. (2021). Stanovlennia sivozminnykh pryntsyipiv u systemakh zemlerobstva. *Visnyk ahrarynoi 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. (2012) Pozhyvnyi rezhym ґruntu 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*. Vyp. 2. S. 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 ahrarynoi 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., Riabovoi Ya.S., Kryzhanivskiy V.H. (2020). Urozhaunist ta khlibopekarski vlastyvoستي zerna pshenytsi ozymoi pry riznykh dozakh i strokakh zastosuvannia azotnykh dobryv. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarynoi 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: [org/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 tekhnologii vyroshchuvannia pshenytsi ozymoi na morfofiziologichni ta ahrokhimichni aspekty formuvannia vrozhaui. *Ahroekologichni 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 ґrunti. *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 DOI: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 yaroho. *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 yaroho v korotkorotatsiinykh sivozminakh. *Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynnytstvo*, 74 (1), 140–163. DOI: 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 [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 [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. Haruna S.I., Nkongolo N.V. (2019). Tillage, cover crop and crop rotation effects on selected soil chemical properties. *Sustainability*, 11(10), 2770. doi: 10.3390/su11102770 [in English].

23. Voitovyk M.V. (2023). Produktyvnysh 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].
24. Haruna S.I., Nkongolo N.V. (2019). Tillage, cover crop and crop rotation effects on selected soil chemical properties. *Sustainability*, 11(10), 2770. doi: 10.3390/su11102770[in English].
25. Bennett O.J., Bending G.D., Chandler D. et al. (2012). Meeting the demand for crop production: the challenge of yield decline in crops grown in short rotations. *Biological Reviews*, 87, 52–71. doi: 10.1111/j.1469-185X.2011.00184x [in English].
26. Schütz L., Gattinger A., Meier M. et al. (2018) Improving crop yield and nutrient use efficiency via biofertilization — a global meta-analysis. *Front. Plant Sci.*, 8, 2–13. doi: 10.3389/fpls.2017.02204 [in English].

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

Productivity of crops in five-field crop rotations at different fertiliser doses in 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 2016–2023. 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 fertilizer 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 fertilizer $N_{31}P_{33}K_{41}$, double dose of fertilizer and calculated doses of fertilizer with different ratios of nutrients, although they increase the yield, do not cover the cost of fertiliser. 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 18.02.2025

ПОШУК ЕФЕКТИВНОЇ СИСТЕМИ ОСНОВНОГО ОБРОБІТКУ ГРУНТУ ПІД ЯЧМІНЬ ЯРИЙ ЗА СУЧАСНИХ УМОВ

В.П. Кирилук, Н.В. Ковальчук

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

Мета. Вивчити вплив тривалого застосування різних систем основного обробітку ґрунту та удобрення на урожайність ячменю ярого за сучасних умов. **Методи.** Загальноприйняті – польовий, лабораторний, математичний, порівняльно-розрахунковий. **Результати.** На фоні мінерального удобрення в дозі $N_{60}P_{60}K_{60}$ найвищу врожайність ячменю ярого (4,13 т/га) забезпечила полицева (контроль) система основного обробітку ґрунту. На фоні органо-мінерального удобрення (із залишенням у полі побічної продукції попередника та внесенням $N_{30}P_{30}K_{30}$) найбільша врожайність ячменю (4,32 т/га) одержана за полицевої системи, де рентабельність виявилась найвищою (124%). Застосування традиційного мінерального удобрення нітроамофоскою в дозі $N_{60}P_{60}K_{60}$ під ячмінь ярий, порівняно із новим, де на фоні залишення соломи вносили $N_{30}P_{30}K_{30}$, економічно невигідне. **Висновки.** На основі показників економічної ефективності та урожайності, полицеву систему основного обробітку ґрунту на глибину 20–22 см під ячмінь ярий на фоні застосування удобрення соломою попередника з додаванням азоту N_{10} /т соломи та внесенням мінерального добрива в дозі $N_{30}P_{30}K_{30}$ можна вважати найбільш сприятливою, адаптованою під культуру за погодно-кліматичних умов, що складаються останніми роками. За згаданих умов найближчою до полицевої є плоскорізна система на глибину 25–27 см.

Ключові слова: ячмінь ярий, продуктивність, удобрення.

Вступ. Наразі світова наукова спільнота та агро-виробники зосереджені на впровадженні альтеративних систем землеробства [7]. Продовольча та енергетична безпека України й більшості країн світу потребують постійного нарощування обсягів виробництва продукції рослинництва, що за сучасного кліматичного тренду можливо лише за впровадження інноваційних та адаптивних технологій вирощування сільськогосподарських культур і їх окремих елементів, зокрема удобрення [23].

В Україні на сучасному ринку ячмінь ярий посідає одне з важливих місць у зерновому балансі країни. За посівними площами серед зернових він займає четверте місце в світі і поступається лише пшениці, рису й кукурудзі [15; 21; 22]. Частка України в світовому виробництві ячменю становить 8%, поступаючись лише Росії (15%). Однак за врожайністю (2,5 т/га). Україна значно поступається країнам Західної Європи, де цей показник сягає 5–6 т/га [1; 16]. Серед агротехнічних заходів підвищення врожайності ячменю ярого важлива роль належить мінеральним добривам, частка яких становить до 50% приросту врожайності,

ще 30% – за рахунок посівного матеріалу і 20% – внаслідок удосконалення обробітку ґрунту. З огляду на досить значні запаси елементів живлення, за внесення в ґрунт навіть невисокої дози органічних і мінеральних добрив, урожайність культури зростає [3; 5]. Це вказує на те, що значна частина біогенних елементів перебуває у зв'язаному стані, основна їхня кількість недоступна для рослин і є потенційним багатством ґрунту. Передусім ця проблема є важливою для ячменю, який має слабшу кореневу систему з низьким рівнем засвоєння важкодоступних форм елементів живлення, ніж інші злакові культури, а тому дуже вимогливий щодо забезпечення елементами живлення у початковій фазі росту й розвитку рослин. Добре удобрені посіви ячменю стійкіші до посухи, хвороб, шкідників і бур'янів, що позитивно позначається на валових зборах зерна і його якості. Цей висновок залишається актуальним і сьогодні. Особливо це чітко простежується у зв'язку з впровадженням у виробництво високопродуктивних сортів ячменю інтенсивного типу, які вимагають високого рівня удобрення ґрунту [11; 18; 19]. Нарощування обсягів застосування

неорганічних добрив у поєднанні з високоврожайними сортами, удосконалення агротехніки вирощування сільськогосподарських культур у ХХ ст. сприяли стійкому підвищенню врожайності та продовольчої безпеки країн світу. Однак через посилення загального навантаження на агроєкосистеми внаслідок дисбалансу між елементами живлення це супроводжувалося загостренням екологічних проблем [24; 27; 28].

Мета. Вивчити вплив тривалого застосування різних систем основного обробітку ґрунту та удобрення на урожайність ячменю ярого за сучасних умов.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У сучасних умовах господарювання технологія вирощування повинна сприяти реалізації біологічно-генетичного потенціалу гібридів і сортів широкого спектра культур, гармонійно вписуватися в агроєкосистему, бути ґрунтозахисною та енергоощадною, забезпечувати високу врожайність культурних рослин і якість продукції, зберігати родючість ґрунтів та послабити шкідливу дію антропогенних чинників на довкілля [5]. Ячмінь добре реагує на внесення добрив, особливо в умовах достатнього зволоження. [26]. Приріст урожаю від мінеральних добрив може сягати 15–20 ц/га [11]. Враховуючи також відносно короткий період вегетації, питання удобрення в технології вирощування ячменю ярого заслуговує особливої уваги. Окремі вчені зазначають, що внесення мінеральних добрив у дозі $N_{45}P_{45}K_{45}$ істотно збільшує врожайність ячменю ярого, порівняно з контролем (без добрив), сприяє зростанню маси 1000 зерен, підвищенню натури зерна, маси зерна з одного колоса, а також білковості зерна [8; 25]. На думку багатьох дослідників, найкращим способом обробітку ґрунту під ячмінь ярий є осінній полицевий обробіток із попереднім лушенням стерні, використання якого дає істотні прирости зерна, порівняно з іншими способами обробітку ґрунту, особливо в посушливі роки. За узагальненими даними дослідів, поверхневий обробіток під ячмінь ярий здебільшого поступається урожаю перед оранкою [6]. В останні десятиріччя із загальної тенденції до мінімізації обробітку ґрунту дослідники пропонують обробіток під ячмінь ярий після просапних попередників диференціювати, тобто, оранку доцільніше застосовувати у сприятливі за вологістю роки, а поверхневий обробіток – у посушливі. Такої ж думки М. А. Білоножко [4], що надає перевагу мілкому обробітку. Враховуючи суперечливість поглядів різних вчених щодо доцільності того чи іншого способу обробітку ґрунту під ячмінь ярий на фоні загальної неоднорідності ґрунтового

покриву, зміни кліматичних умов та прояву ерозійних процесів, на нашу думку, й надалі залишатиметься актуальним питання вивчення ефективності способів основного обробітку ґрунту під ячмінь ярий. Сучасні технології вже зазнали істотних змін: замість оранки повсюди проводиться розпушення ґрунту переважно дисковими знаряддями, загальновідомою є проблема соломи, але немає чіткої відповіді щодо ефекту від її тривалого застосування як удобрення, основним мінеральним добривом є нітроамофоска, сортовий склад стрімко змінюється. Вимоги до поліпшення екологічної безпечності ефективності застосування добрив у землеробстві постійно зростають і набувають особливої актуальності в умовах ринкових відносин, а також у зв'язку з підвищенням цін на добрива та паливе під час воєнного стану і у післявоєнний період [29]. Нині сільське господарство України потребує ефективних і недорогих засобів для підвищення врожайності та покращання якості вирощеної продукції. За обставин, що склалися, важливим є дослідити вплив принципово різних систем основного обробітку ґрунту у сівозміні, удобрення побічною продукцією попередника та мінерального на продуктивність ячменю ярого за сучасних кліматичних змін.

Матеріали та методика досліджень. На Хмельницькій державній сільськогосподарській дослідній станції впродовж 2009–2024 рр. у стаціонарному досліді вивчали вплив принципово різних систем основного обробітку ґрунту та традиційної і нової систем удобрення на кількісні та якісні показники продуктивності сільськогосподарських культур. Дослідження проводили в 4-пільній сівозміні з таким чергуванням культур: соя, ячмінь ярий, гірчиця біла, пшениця озима. Агротехніка вирощування культур – загальноприйнята для зони Південно-Західного Лісостепу за виключенням основного обробітку ґрунту та удобрення. **Об'єкт дослідження** – стаціонарний польовий дослід проводиться за такою схемою: полицева система з оранкою під культуру на глибину 20–22 см, плоско-різна – 25–27 см, чизельна – 25–27 см, дискова – 10–12 см, мінімальна – з дискуванням на 6–8 см. Дози добрив під ячмінь були такими: за традиційної (мінеральної) системи удобрення (фон 1) – $N_{60}P_{60}K_{60}$; за нової (органомінеральної) системи (фон 2) – солома сої + $N_{10т}$ соломи + $N_{30}P_{30}K_{30}$. Ґрунт – чорнозем опідзолений, середньосуглинковий. Вміст гумусу – 2,62–3,12%, загального азоту – 0,150–0,163%, рухомих фосфатів – 125,0–196,0 і калію – 65,0–72,0 мг на 1,0 кг ґрунту, рН (сол.) – 6,0–6,5. Розміщення ділянок – систематичне.

Облікова площа ділянок – 40 м², повторність досліду – чотириразова. Дослідження здійснювали за загальноприйнятими методиками [16; 17]. Агrometeorологічні умови характеризувались істотним відхиленням від середньобагаторічних показників, як за кількістю опадів, температурним режимом, так і їх розподілом у період вегетації з тенденцією у бік зростання, як кількості опадів, так і температур, але, загалом, вплив досліджуваних чинників спостерігався стабільно. Так, у 2009 р. сума опадів за рік сягала 944,3 мм, у 2023

ші 2024 рр. – 1116,9 мм та 1340,1 мм, відповідно. Статистична обробка даних проводилась за допомогою програми ANAL.

Результати та їх обговорення. В середньому за роки досліджень виявлено, що найвищу врожайність ячменю ярого (4,32 т/га) на фоні органо-мінерального удобрення (із залишенням у полі побічної продукції попередника та додаванням половинної дози NPK від мінерального фону) забезпечила полицева (контроль) система основного обробітку ґрунту (табл. 1).

Таблиця 1. Вплив систем основного обробітку ґрунту та удобрення на урожайність ячменю ярого, т/га, 2009–2024 рр.

Роки та ротації		Мінеральне удобрення (фон 1)					Органо-мінеральне удобрення (фон 2)					НІР ₀₅		
		Полицева (контроль)	Плоскорізна	Чизельна	Дискова	Мінімальна	Полицева (контроль)	Плоскорізна	Чизельна	Дискова	Мінімальна	А	В	АВ
1-ша ротація	2009	2,41	2,85	2,27	2,33	2,28	2,27	2,71	1,99	2,22	1,95	0,1	0,1	0,14
	2010	3,63	4,00	3,67	3,44	3,50	3,79	4,23	4,10	3,80	3,50	0,33	0,21	0,21
	2011	2,59	2,36	2,42	2,41	2,35	1,87	1,99	1,83	1,81	1,99	0,32	0,22	0,22
	2012	2,85	3,60	3,45	3,57	3,09	3,22	3,28	2,51	3,21	2,93	0,06	0,05	0,1
	Ср*	2,87	3,20	2,95	2,94	2,81	2,79	3,05	2,61	2,76	2,59	–	–	–
2-га ротація	2013	3,52	3,65	3,16	3,12	3,14	3,41	3,23	3,20	3,21	3,22	0,03	0,04	0,05
	2014	5,45	4,26	3,18	5,05	2,87	4,87	5,02	4,51	3,96	2,81	0,02	0,02	0,04
	2015	5,31	5,36	5,65	5,42	4,78	5,32	5,36	4,73	5,48	5,75	0,03	0,02	0,03
	2016	5,76	5,10	4,23	3,24	3,08	5,44	5,18	4,87	4,23	3,70	0,15	0,15	0,23
	Ср*	5,01	4,59	4,06	4,21	3,47	4,76	4,70	4,33	4,22	3,87	–	–	–
3-тя ротація	2017	4,80	4,36	4,45	4,58	4,04	4,54	3,98	3,96	3,97	3,63	0,46	0,46	0,73
	2018	4,65	4,00	3,40	3,08	3,05	4,98	5,58	4,73	4,20	4,23	0,61	0,61	0,96
	2019	3,98	3,59	3,77	4,00	3,48	5,04	4,49	3,93	4,44	3,78	0,49	0,49	0,78
	2020	4,48	3,41	4,16	2,99	3,31	4,87	3,63	4,38	3,65	3,89	0,18	0,18	0,28
	Ср*	4,48	3,84	3,95	3,66	3,47	4,88	4,42	4,25	4,07	3,88	–	–	–
4-га ротація	2021	4,98	5,09	5,25	3,94	4,73	5,59	5,48	5,53	4,69	5,14	0,56	0,56	0,86
	2022	4,96	4,89	5,08	5,31	5,22	5,74	5,28	6,11	5,72	5,45	0,25	0,25	0,4
	2023	3,13	3,05	3,30	3,05	3,31	3,58	3,23	3,57	3,15	3,59	0,75	0,75	1,19
	2024	3,61	3,84	3,78	4,13	3,67	4,55	4,61	4,58	4,57	4,59	0,31	0,37	0,62
	Ср*	4,17	4,22	4,35	4,11	4,23	4,87	4,65	4,95	4,53	4,69	–	–	–
Середня		4,13	3,96	3,83	3,73	3,49	4,32	4,21	4,03	3,89	3,76	–	–	–
± до контролю	т/га	–	–0,17	–0,3	–0,4	–0,64	–	–0,11	–0,29	–0,43	–0,56	–	–	–
	%	–	–4	–7	–10	–15	–	–3	–7	–10	–13	–	–	–
± до фону 1	т/га	–	–	–	–	–	0,19	0,25	0,2	0,16	0,27	–	–	–
	%	–	–	–	–	–	5	6	5	4	8	–	–	–

Примітка. Ср* – середнє значення.

За інших систем (безполицевих), порівняно до полицевої, відбулося зниження урожайності на 3–13%. Варто відмітити неістотне (на 0,11 т/га, або 3%) зменшення врожайності за плоскорізної системи основного обробітку. На згаданому фоні, порівняно до мінерального, за усіх систем обробітку відбулося зростання врожайності культури на 4–8%.

На фоні мінерального удобрення найвищу урожайність ячменю (4,13 т/га) отримали за полицевої системи, за інших (безполицевих) – зниження до полицевої на 4–15%. На згаданому фоні, аналогічно до попереднього, лише за плоскорізної системи, із усіх безполицевих, виявлено неістотне зниження урожайності (на 0,17 т/га, або 4%). Варто відмітити, що на обох фонах за усіх систем помітне зростання врожайності за усіх систем відбувається починаючи з другої ротації, тобто саме тоді починає працювати сівозмінна, а перевага фону органо-мінерального удобрення над мінеральним простежується з третьої ротації, тобто через 12 років. Хоча врожайність сільськогосподарських культур характеризує ефективність технології вирощування і зумовлює економічну доцільність виробництва, все-таки основний вплив має чинник погоди. Так, якщо, наприклад, найвищий (5,76 т/га) та найнижчий (2,41 т/га) показники врожайності за чотири ротації сівозміни на фоні мінерального удобрення за полицевої системи, то різниця між ними становила 3,35 т/га (або збільшення за найбільш урожайного до найменш урожайного року на 139%).

За результатами дисперсійного аналізу, вплив чинника погоди сягав 0,97. Найнижчу врожайність на обох фонах удобрення отримали за мінімальної системи. Ось чому важливо саме наразі в умовах зміни клімату виявити найвище середнє багаторічне

значення показника врожайності за найсприятливішої для цього системи обробітку, яка і буде найбільш адаптованою до змін клімату.

Для уточнення показників урожайності щороку проводиться структурний аналіз снопів рослин ячменю (табл. 2).

У результаті виявлено, що на обох фонах удобрення на варіантах із найвищою врожайністю культури помітне збільшення кількості продуктивних стебел на квадратному метрі, маси зерна з колоса та кількості зерен у колосі.

Отже, плануючи застосування лише мінеральних добрив, потрібно зважено підходити до вибору основного обробітку ґрунту.

Після проведення нескладних економічних розрахунків визначено, що найвищою рентабельність виробництва ячменю ярого виявилася за органо-мінеральної системи удобрення із найвищим показником (150%) за плоскорізної системи основного обробітку ґрунту, найближчим до нього – за полицевої системи (136%), дещо меншим за мінімальної (125%) та найменшим значенням (121%) за чизельної (табл. 3). На фоні мінерального удобрення рентабельність виявилася нижчою на 75, 53, 72 і 60%, відповідно. Основна причина цього – високі ціни на мінеральні добрива. Тому, використання традиційного удобрення нітроамофоскою в дозі $N_{60}P_{60}K_{60}$ під ячмінь ярий, порівняно із новим, де на фоні залишення соломи застосовували $N_{30}P_{30}K_{30}$, економічно невигідне.

Останніми роками з'являється дедалі більше публікацій про вплив основного обробітку ґрунту на якість продукції, що особливо важливе для харчової промисловості та пивоваріння. Одним із найпоширеніших показників технологічних властивостей зерна є натурна маса. На величину натурності впливають

Таблиця 2. Елементи структури урожаю ячменю ярого залежно від систем основного обробітку ґрунту та удобрення, 2009–2024 рр.

Система обробітку	Мінеральне удобрення (фон 1)			Органо-мінеральне удобрення (фон 2)		
	Кількість продуктивних стебел, шт./м ²	Маса зерна з колоса, г	Кількість зерен з колоса, шт.	Кількість продуктивних стебел, шт./м ²	Маса зерна з колоса, г	Кількість зерен з колоса, шт.
Полицева (контроль)	560	0,83	25,3	572	0,85	25,8
Плоскорізна	552	0,81	24,6	565	0,84	25,5
Чизельна	638	0,77	24,4	554	0,82	24,9
Дискова	594	0,71	24,2	563	0,78	24,7
Мінімальна	540	0,67	23,8	559	0,76	24,5

Таблиця 3. Вплив систем основного обробітку ґрунту та удобрення на основні економічні показники виробництва ячменю ярого (середнє за 2009–2024 рр.)

Система обробітку	Показники					
	Виробничі витрати, грн/ га		Умовно чистий прибуток, грн/ га		Рентабельність, %	
	Фон 1	Фон 2	Фон 1	Фон 2	Фон 1	Фон 2
Полицева	10484	8503	7248	10539	69	124
Плоскорізна	10243	8289	6472	9929	63	120
Чизельна	10124	8358	6402	9543	63	114
Дискова	9834	8155	5562	8808	57	108
Мінімальна	10324	8355	5608	9308	54	111

Примітка. Фон 1 – мінеральне удобрення, Фон 2 – органо-мінеральне удобрення.

домішки, стан поверхні зерна, його форма, розміри, щільність, вологість, плівчастість, спілість, виповненість, маса 1000, вирівняність. За даними О.С. Гораша [9], на фоні мінерального удобрення, порівняно до удобрення соломою, відмічено зростання натурної маси ячменю, маси 1000 та вмісту крохмалю. Це підтверджується, частково, і нашими дослідженнями, особливо за першу та другу ротації сівозміни, надалі отримали зменшення різниці. На фоні мінерального удобрення натурна маса зерна ячменю виявилася вищою до мінерального фону на 2–5 г, маса 1000 зерен вища на 0,5–1,6 г (табл. 4).

Між варіантами обробітків на обох фонах удобрення максимальна різниця в натурній масі сягала 9,0 г. Найвищий показник натурної маси ячменю на фоні мінерального удобрення (655 г) визначено за полицевої системи, найнижчий (646 г) – за мінімальної, на фоні органо-мінерального удобрення також найвище

(653 г) значення було за полицевої системи, найнижче (644 г) – за мінімальної.

Маса 1000 зерен ячменю займає вагоме місце в оцінці пивоварної якості, оскільки корелює з показниками крупності зерна [9]. В окремих випадках маса 1000 зерен, як показник, включається до формули розрахунку хіміко-технологічних властивостей ячменю. В. Кунце підкреслює, що із зростанням маси 1000 зерен може збільшуватись вміст крупного зерна ячменю, відповідно, у зв'язку з цим підвищується екстрактивність і пивоварні якості загалом [14]. У наших дослідженнях маса 1000 зерен на фоні мінерального удобрення виявилася найвищою (40,7 г) за полицевої системи, найнижчою (38,1 г) – за мінімальної. На фоні органо-мінеральної системи удобрення маса 1000 була найвищою (40,1 г) за полицевої системи, найнижчою (37,6 г) – за мінімальної. Загалом, за нової системи удобрення маса 1000 зерен ячменю ярого виявилася нижчою до фону із мінеральним

Таблиця 4. Вплив систем основного обробітку ґрунту та удобрення на якість зерна ячменю ярого (2009–2024 рр.)

Система обробітку	Натурна маса, г/л	Маса 1000, г	Склоподібність, %	Плівчастість, %
Мінеральне удобрення				
Полицева	655	40,7	51,3	9,4
Плоскорізна	654	40,2	54,5	10,6
Чизельна	650	39,8	54,2	10,4
Дискова	648	38,5	54,6	11,3
Мінімальна	646	38,1	54,3	9,2
Органо-мінеральне удобрення				
Полицева	653	40,1	48,9	9,7
Плоскорізна	649	38,6	49,9	11,6
Чизельна	647	38,3	50,4	11,2
Дискова	645	37,9	50,8	11,9
Мінімальна	644	37,6	50,7	9,6

удобренням на 0,5–1, г. За обох систем удобрення, залежно від систем основного обробітку, відмічено зниження маси тисячі зі зменшенням урожайності культури.

Дослідження ендосперму ячменю методом проби на зріз проводять із метою отримати інформацію про очікувані технологічні властивості зерна і якість готового солоду. Добрий пивоварний ячмінь повинен мати не менше 80% борошнистих зерен. Скловидність зерен означає насамперед великий вміст білків. На фоні мінерального удобрення найнижчий процент (48,6) скловидних зерен виявлено за полицевої системи, найвищий (50,8) – за дискової. На фоні органо-мінерального удобрення найнижчий відсоток (51,3) скловидних зерен встановлено за полицевої системи, найвищий (54,6) – за дискової. Процент скловидних зерен за удобрення соломою виявився нижчим до мінерального удобрення від 0,2 (за чизельної системи) до 4,6 (за плоскорізної системи). Тенденція розподілу кількості скловидних зерен, залежно від систем основного обробітку, зберігалася по обох фонах удобрення.

Досить значна увага в характеристиці якості пивоварних сортів надається плівчастості зерна. Вважають, що тонкоплівчастий ячмінь краще оцінюється за крохмальним вмістом. Утім, це досить складне питання. У наших дослідженнях, на фоні мінерального удобрення, найменшу плівчастість (9,2%) зерна ячменю виявили за мінімальної системи, найвищу (11,3%) – за дискової системи. На фоні органо-мінерального удобрення найменшу плівчастість (9,6%) виявлено за мінімальної системи, найвищу (11,6%) – за дискової. Загалом, на фоні органо-мінерального удобрення плівчастість зерна ячменю виявилась вищою до фону мінерального удобрення на 0,3–1,0%.

Отже, плануючи отримати продукцію певної якості, слід вибирати потрібні для цього основний обробіток ґрунту та удобрення.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бабич А.О., Хіміч В.В., Побережна А.А. Світове виробництво зерна продовольчих і фуражних культур. Матеріали Першої всеукраїнської (міжнародної) конференції по проблемі «корми і кормовий білок», 16–17 листопада 1994 р. Вінниця. 1994. С. 74–75.
2. Барановська Н.А. Ресурсоощадні засоби підвищення продуктивності ячменю ярого. *Збірник наукових*

ВИСНОВКИ

Найвищу врожайність ячменю ярого (4,13 т/га) на фоні мінерального удобрення в дозі $N_{60}P_{60}K_{60}$ забезпечила полицева (контроль) система основного обробітку ґрунту. На фоні органо-мінерального удобрення (із залишенням у полі побічної продукції попередника та внесенням $N_{30}P_{30}K_{30}$) найбільша врожайність ячменю (4,32 т/га) отримана за полицевої системи, де рентабельність –124%. Отже, найвищу врожайність на обох фонах удобрення забезпечила полицева система основного обробітку ґрунту, найнижчу – мінімальна, яку, через відсутність техніки, умовно можна розглядати як наш варіант *no-till*-системи. Лише на четвертій ротації в окремі роки відбувається зростання врожайності за мінімальної системи, порівняно до полицевої.

На варіантах із найвищою врожайністю створювалися кращі умови для росту та розвитку культури, тобто структурний аналіз підтвердив показники урожайності. Варто відмітити, що на фоні мінерального удобрення різниця між найбільшими та найменшими значеннями згаданих вище показників структури значно вища, ніж на фоні органо-мінерального удобрення.

Кращими якісними показниками зерна ячменю були за мінерального удобрення щодо основного обробітку ґрунту – за систем із більшою врожайністю (полицева, плоскорізна) та збереженням тенденції розподілу якості залежно від обробітку на обох фонах удобрення.

На основі показників економічної ефективності та врожайності полицеву систему основного обробітку ґрунту на глибину 20–22 см під ячмінь ярий на фоні використання удобрення соломою попередника з додаванням азоту N_{10} /т соломи та внесенням мінерального добрива в дозі $N_{30}P_{30}K_{30}$, можна вважати найбільш сприятливою, адаптованою під культуру за погоднокліматичних умов, що складаються останніми роками. За згаданих умов найближчою до полицевої системи є плоскорізна на глибину 25–27 см.

праць Інституту землеробства Української академії аграрних наук. 2004. Вип. 4. С. 73–76.

3. Барат Ю.М. Вплив мінерального живлення та норм висіву насіння на продуктивність пивоварних сортів ячменю. *Зб. наук. пр. Уманського ДАУ: Агрономія. 2007. Ч. 1. Вип. 65. С. 28–36.*
4. Білоножко М.А., Білоножко М.А., Алімов Д.М. та ін. Рослинництво. Інтенсивна технологія

- вирощування польових і кормових культур: навчальний посібник. Київ. Вища школа, 1990. 292 с.
5. Бомба М.Я. Сучасні тенденції розвитку світового землеробства. *Вісник НАНУ*. 2007. № 12. С. 34–40.
 6. Борисоник З.Б., Борсук О.М. Ярі колосові культури. Київ: Урожай. 1969. 158 с.
 7. Влашук А.М., Дробіт О.С., Валентюк Н.О., Шабля О.С., Іванов Г.М. Формування продуктивності сільськогосподарських культур у сівозміні залежно від елементів технології. *Вісник аграрної науки*. 2025. № 2 (863). С. 5–12. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202502-01>.
 8. Гораш О.С. Залежність вмісту білка у пивоварному ячмені від мінеральних і норм висіву. *Вісник аграрної науки*. 2006. № 10. С. 41–43.
 9. Гораш О.С. Вплив мінеральних добрив та норм висіву на екстрактивність пивоварного ячменю. *Аграрна наука і освіта*. 2006. Т. 7. № 5–6. С. 62–64.
 10. Гораш О.С. Управління продукційним потенціалом пивоварного ячменю: моногр. Кам'янець-Подільський: ПП. Медобори, 2006. 2010. 368 с.
 11. Гораш О.С. Реалізація потенціалу продуктивності колоса ячменю залежно від впливу мінерального удобрення та норм висіву. *Зб. наук. пр. Уманського ДАУ: Агронімія*. 2007. Ч. 1, вип. 65. С. 53–58.
 12. Довідник з вирощування зернових та зернобобових культур. [В.В. Лихочвор, М.І. Бомба, С.В. Дубковецький та ін.]. Львів. Укр. технології, 1999. 408 с.
 13. Коць С.Я., Петерсон Н.В. Мінеральні елементи і добрива в живленні рослин. Київ. Логос. 2005. 150 с.
 14. Кунце В. Технологія солода і пива: пер. с нім. СПб.: Професія. 2001. С. 45, 51–54, 134–137, 144–149, 152, 181.
 15. Малієнко А. М. Фітосанітарний стан посівів ячменю за розміщення після кукурудзи. *Збірник наукових праць Інституту землеробства Української академії аграрних наук*. 2004. Вип. 4. С. 14–17.
 16. Малієнко А.М., Гаврилов С.О., Тараріко Н.М., Брухаль Ф.Й., Зведенюк Т.Б., Красюк Л.М., Коломієць В.М. Методичні рекомендації і програма досліджень по обробітку ґрунту. Київ: Аграрна наука, 2017. 84 с.
 17. Мойсейченко В.Ф., Єщенко В.О. Основи наукових досліджень в агрономії: підручник. Київ: Вища школа, 1994. 334 с.
 18. Петриченко В.Ф., Безуглий М.Д., Жук В.М., Іващенко О.О. Нова стратегія виробництва зернових та олійних культур в Україні. Київ: Аграрна наука, 2012. 48 с.
 19. Петриченко В.Ф., Бомба М.Я., Патики М.В. Землеробство з основами екології, ґрунтознавства та агрохімії. Київ: Аграрна наука, 2011. 492 с.
 20. Побережна А.А., Хіміч Л.П. Структура виробництва продовольчого і кормового зерна в США. Матеріали Першої всеукраїнської (міжнародної) конференції по проблемі «корми і кормовий білок», 16–17 листопада 1994 р. Вінниця. 1994. С. 136–137.
 21. Синицький М.П. Агротехнологічні основи формування продуктивності сучасних сортів ярого ячменю в північній підзоні Степу України: автореф. дис. на здобуття наук. канд. с.-г. наук спец. 6.01.09. Дніпропетровськ. 2006. 26 с.
 22. Сторожук В.В. Формування продуктивності ячменю ярого залежно від технології вирощування в умовах Полісся України: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук: спец. 06.01.09. Київ. 2008. 27 с.
 23. Стратегія розвитку сільського господарства та сільських територій в Україні на період до 2030 року. Затвердж. Розпорядженням Кабінету Міністрів України від 15.11.2024 р. № 1163-р.
 24. Система удобрення сільськогосподарських культур в землеробстві початку ХХІ століття: моногр.; за ред. С.А. Балюка, М.М. Мірошніченка. Київ: Альфа-Стевія, 2016. 400 с.
 25. Шевченко О. І. Основи формування продуктивності ячменю ярого. *Хімія. Агронімія. Сервіс*. 2012. № 2. С. 20–26.
 26. Юла В.М., Камінська В.В., Породько О.Ф., Дудка О.Ф., Мушик Б.В. Особливості формування ячменю ярого залежно від елементів технології вирощування. *Землеробство та рослинництво: теорія і практика*. 2024. Вип. 3 (13). С. 76–86. Doi: 10.54651/agri.2024.03.08.
 27. Penuelas J., Coello F., Sardans J. A better use of fertilizers is needed for global security and environmental sustainability. *Agriculture et Food Security*. 2023/12/ Article number 5. Doi: 10.1186/s40066-023-00409-5.
 28. Zaib M., Zubair M., Aryan M. et al. A Review on Challenges and Opportunities of fertilizer Use efficiency and Their Role in Sustainable Agriculture with Future Prospects and Recommendations. *Current Research in Agriculture and Farming*. 2023.4 (4). P. 1 – 14. Doi: 10.18782/2582-7146.201.
 29. Filho W., Fedoruk M., Eustachio Jo. et al. How the War in Ukraine Affects Food Security. *Foods*. 2023. 12 (21). Article number 3996. Doi: 10.3390/foods12213996.

REFERENCES

1. Babych A.O., Khimich V.V., Poberezhna A.A. (1994). Svitove vyrobnytstvo zerna prodovolchyykh i furazhnykh kultur. [World grain production of food and fodder crops]. Materialy Pershoi vseukrainskoi (mizhnarodnoi) konferentsii po problemi «kormy i kormovyi bilok», 16–17 lystopada 1994 r. Vinnytsia. P. 74–75 [in Ukrainian].
2. Baranovska N.A. (2004). Resursooshchadni zasoby pidvyshchennia produktyvnosti yachmeniu yarohe [Resource-saving means of increasing the productivity of spring barley]. *Zbirnyk naukovykh prats Instytutu zemlerobstva Ukrainskoi akademii ahrarnykh nauk*, 4, 73–76 [in Ukrainian].
3. Barat Yu.M. (2007). Vplyv mineralnogo zhyvlenia ta norm vysivu nasinnia na produktyvnist pyvovarnykh sortiv yachmeniu [The influence of mineral nutrition and sowing rate on the productivity of brewing barley varieties]. *Zb. nauk. pr. Umanskoho DAU: Ahronomiia*, 1, 65, 28–36 [in Ukrainian].
4. Bilonozhko M.A., Bilonozhko M.A., Alimov D.M. ta in. (1990). Roslynnystvo. Intensyvna tekhnolohiia vyroshchuvannia polovykh i kormovykh kultur: Navchalnyi posibnyk [Crop production. Intensive technology of growing field and fodder crops: Training manual]. Kyiv. Vyshcha shkola. 292 p. [in Ukrainian].
5. Bomba M.Ya. (2007). Suchasni tendentsii rozvytku svitovoho zemlerobstva. [Modern trends in the development of world agric]. *Visnyk NANU*, 12, 34–40 [in Ukrainian].
6. Borysonyk Z.B., Borsuk O.M. (1969). Yari kolosovi kultury. [Bright ear crops]. Kyiv. Urozhai. 158 p. [in Ukrainian].
7. Vlashchuk A.M., Drobit O.S., Valentyuk N.O., Shablya O.S., Ivanov H.M. (2025). Formuvannya produktyvnosti silskohospodarskykh kultur u sivozmini zalezno vid elementiv tekhnolohiyi [Formation of crop productivity in crop rotation depending on the elements of technology]. *Visnyk ahrarnoyi nauky*, 2 (863), 5–12. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202502-01> [in Ukrainian].
8. Horash O.S. (2006). Zalezhnist vmistu bilka u pyvovarnomu yachmeni vid mindobryv i normvysivu [Dependence of protein content in malting barley on fertilizers and sowing rates]. *Visnyk ahrarnoi nauky*, 10, 41–43 [in Ukrainian].
9. Horash O.S. (2006). Vplyv mineralnykh dobryv ta norm vysivu na ekstraktyvnist pyvovarnoho yachmeniu [The effect of mineral fertilizers and sowing rates on the extractability of malting barley]. *Ahrarna nauka i osvita*, 7, 5–6, 62–64 [in Ukrainian].
10. Horash O.S. (2010). Upravlinnia produtsiinym potentsialom pyvovarnoho yachmeniu: Monohrafiia [Management of production potential of malting barley: Monograph]. Kamianets - Podilskyi: PP. «Medobory 2006». 368 p. [in Ukrainian].
11. Horash O.S. (2007). Realizatsiia potentsialu produktyvnosti kolosa yachmeniu zalezno vid vplyvu mineralnogo udobrennia ta norm vysivu. [Realization of the productivity potential of a barley ear depending on the effect of mineral fertilizer and sowing rates]. *Zb. nauk. pr. Umanskoho DAU: Ahronomiia*, 1, 65, 53–58 [in Ukrainian].
12. Dovidnyk z vyroshchuvannia zernovykh ta zernobovykh kultur (1999). [V.V. Lykhochvor, M.I. Bomba, S.V. Dubkovetskyi ta in.] [Handbook on the cultivation of grain and leguminous crops]. Lviv. Ukr. Tekhnolohii. 408 p. [in Ukrainian].
13. Kots S.Ya., Peterson N.V. (2005). Mineralni elementy i dobryva v zhyvleni roslyn. [Mineral elements and fertilizers in plant nutrition]. Kyiv. Lohos. 150 p. [in Ukrainian].
14. Kuntse V. (2001). Tekhnolohiia soloda y pyva: per. s nim. [Malt and beer technology: trans. with him]. Professyia. P. 45, 51–54, 134–137, 144–149, 152, 181. [in Ukrainian].
15. Maliienko A.M. (2004). Fitosanitarnyi stan posiviv yachmeniu za rozmishchennia pislia kukurudza [Phytopathological status of barley crops for placement after corn]. *Zbirnyk naukovykh prats Instytutu zemlerobstva Ukrainskoi akademii ahrarnykh nauk*, 4, 14–17 [in Ukrainian].
16. Maliienko A.M., Havrylov S.O., Tarariko N.M., Brukhal F.Y., Zvedeniuk T.B., Krasiuk L.M., Kolomiets V.M. (2017). Metodychni rekomendatsii i prohrama doslidzhen po obrobitku gruntu [Methodical recommendations and research program on soil cultivation]. K.: Ahrarna nauka. 84 p. [in Ukrainian].
17. Moiseichenko V.F., Yeshchenko V.O. (1994). Osnovy naukovykh doslidzhen v ahronomii: pidruchnyk [Methodical recommendations and research program on soil cultivation]. Kyiv. Vyshcha shkola. 334 p. [in Ukrainian].
18. Petrychenko V.F., Bezuhlyi M.D., Zhuk V.M., Ivashchenko O.O. (2012). Nova stratehiia vyrobnytstva zernovykh ta oliynykh kultur v Ukraini [A new strategy for the production of grain and oil crops in Ukraine]. Kyiv. Ahrarna nauka. 48 p. [in Ukrainian].

straw fertilization with the addition of nitrogen N10 /t of straw and the application of mineral fertilizer at a dose of $N_{30}P_{30}K_{30}$ can be considered the most favorable, adapted to the crop under the weather and climatic conditions that have developed in recent years. Under the mentioned conditions, the closest to the shelf system is the flat-cut to a depth of 25–27 cm.

Key words: *spring barley, productivity, fertilizer.*

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Кирилюк В.П., канд. с. н. с., 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: hdsghs@ukr.net, ORCID: 0000-0001-5771-8142.

Kirilyuk V.P., candidate with. N. s., senior researcher of the Laboratory of Innovative Technologies in Agriculture, Plant Breeding and Livestock Breeding, Khmelnytsky State Agricultural Research Station of the Institute of Fodder and Agriculture, Podillia National Academy of Sciences, e-mail: hdsghs@ukr.net, ORCID: 0000-0001-5771-8142.

Ковальчук Н.В., науковий співробітник лабораторії інноваційних технологій у землеробстві, рослинництві та тваринництві, Хмельницька державна сільськогосподарська дослідна станція Інституту кормів та сільського господарства Поділля НААН, e-mail: hdsghs@ukr.net, ORCID: 0000-0003-0285-2859.

Kovalchuk N.V., is a researcher at the Laboratory of Innovative Technologies in Agriculture, Plant Breeding and Livestock Breeding, Khmelnytsky State Agricultural Research Station of the Institute of Fodder and Agriculture, Podillia National Academy of Sciences, e-mail: hdsghs@ukr.net, ORCID: 0000-0003-0285-2859.

Надійшла 20.02.2024

РОЛЬ КУКУРУДЗИ У ФОРМУВАННІ ПРОДУКТИВНОСТІ КОРОТКОРОТАЦІЙНОЇ СІВОЗМІНИ ЗА РІЗНИХ СИСТЕМ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ В УМОВАХ ЗМІНИ КЛІМАТУ

Н.Є. Борис, М.М. Пташнік

ННЦ «ІЗ НААН» (с-ще Чабани, Україна)

Мета. Провести систематизацію та аналіз аналітичної інформації щодо динаміки структури посівних площ і з'ясувати вплив різних систем обробітку ґрунту на продуктивність агроценозів, з особливим акцентом на роль кукурудзи на зерно в умовах зміни клімату та її вплив у формуванні загальної продуктивності короткоротаційних сівозмін. **Методи.** Узагальнення, аналізу-синтезу, польовий, лабораторний, розрахунково-порівняльний, математико-статистичний. **Результати.** Установлено, що кліматичні зміни, особливо зниження кількості опадів та зростання температурного режиму, призводять до істотного зменшення продуктивності культур навіть у зоні достатнього зволоження. Визначено, що адаптивні системи обробітку ґрунту, зокрема диференційована та по-till-технологія, сприяють покращанню водозабезпечення рослин і підвищують стабільність рівня врожайності польових культур. Частка кукурудзи в сівозміні зростала до 38% у роки з найвищою продуктивністю. Встановлено, що сівозміни, у складі яких є зернобобові культури (гороху, сої), забезпечують вищий рівень продуктивності сівозміни і загальний збір зернових одиниць до 8,07 т/га. Найвищу врожайність кукурудзи (>8,5 т/га) отримано за умов сприятливого гідротермічного режиму (ГТК 1,23–1,76) та застосування диференційованого обробітку. **Висновки.** Результати досліджень свідчать, що кукурудза є домінантною культурою у формуванні продуктивності короткоротаційної зернової сівозміни, а її врожайність значною мірою залежить від погодних умов і системи обробітку ґрунту. Диференційовані та по-till-системи сприяють підвищенню ефективності використання вологи й стабілізації рівня врожайності культур сівозміни. Зернобобові культури, зокрема соя і горох, покращують структуру сівозміни та загальний баланс поживних речовин. Найвищі показники продуктивності досягнуто за поєднання диференційованого обробітку з оптимальною часткою кукурудзи (до 38%) і достатньою кількістю опадів у вегетаційний період.

Ключові слова: валовий збір, диференційована система обробітку, зернові та зернобобові культури, зернові одиниці, посівні площі, температура повітря, опади.

Вступ. В умовах загострення кліматичних ризиків та трансформації аграрного ринку особливої актуальності набуває ефективне управління сівозмінами. Продуктивність агроценозів значною мірою визначається структурою сівозміни, вибором культур, їх агроекологічними властивостями та адаптацією до змін агроекологічних умов вирощування. Останніми роками позначені нерівномірним розподілом посівних площ і домінуванням комерційно вигідних, високоліквідних культур, зокрема пшениці озимої та кукурудзи, що зумовлює порушення принципів науково обґрунтованої побудови сівозміни. Зокрема у 2022 р. пшениця озима займала 42,9% посівних площ, кукурудза на зерно – 35,5%, тоді як інші культури – лише 8,8%. Незважаючи на певне

зростання валового збору зернових у 2023 р., рівень виробництва зерна залишався на 43,9% нижчим порівняно до показників отриманих у 2021 р. [1]. Це підкреслює необхідність оптимізації агротехнологічних рішень і структурних елементів сівозміни з метою підвищення рівня продуктивності агроценозів та забезпечення сталого рівня виробництва сільськогосподарської продукції.

Мета досліджень. Провести систематизацію та аналіз аналітичної інформації щодо динаміки структури посівних площ та з'ясувати вплив різних систем обробітку ґрунту на продуктивність агроценозів, з особливим акцентом на роль кукурудзи на зерно в умовах зміни клімату та її вплив на загальну продуктивність короткоротаційних сівозмін.

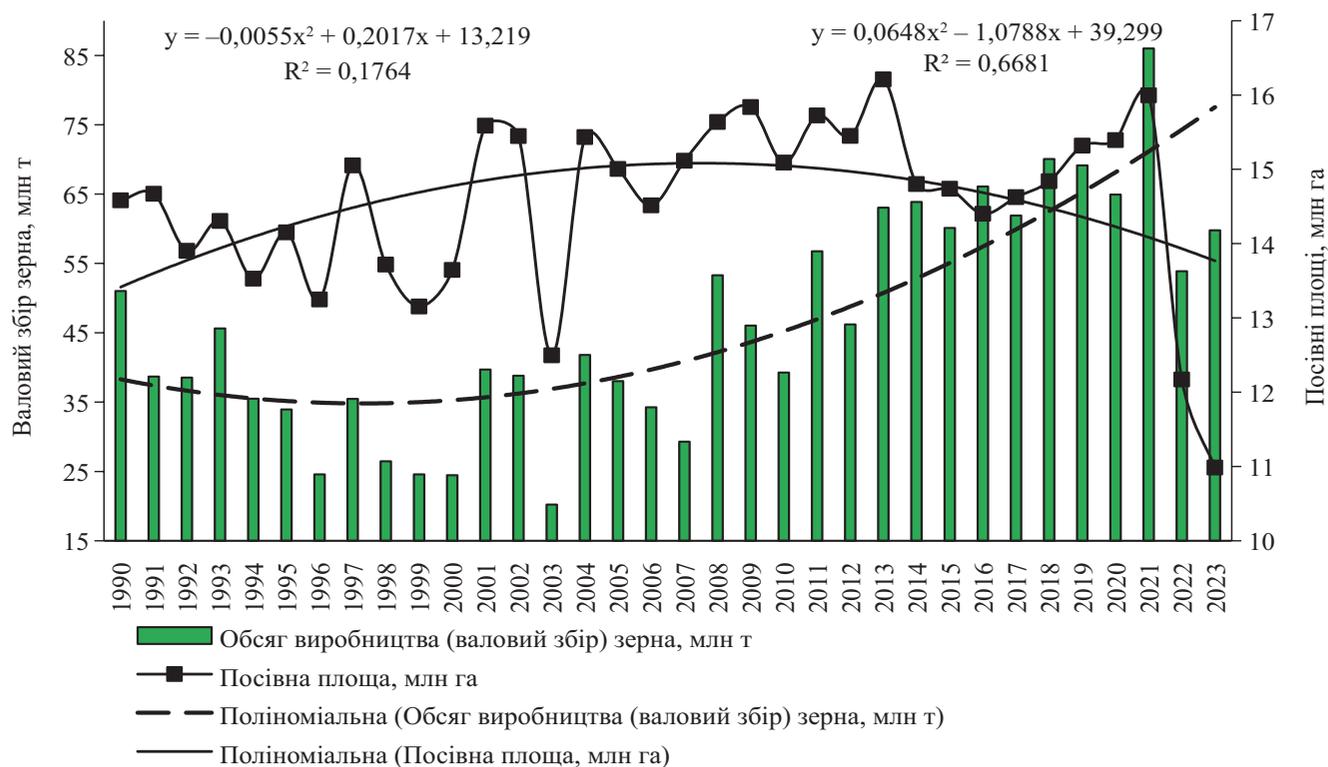


Рис. 1. Динаміка формування валового збору та зібраної площі зернових і зернобобових культур у 1990–2023 рр.*

Примітка. * Рисунок побудовано за даними Державної служби статистики України. URL: <https://www.ukrstat.gov.ua/>.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз динаміки врожайності зернових і зернобобових культур в Україні за період 1990–2023 рр. показує, що до 2013 р. середній рівень урожайності залишався нижчим за 4,0 т/га. Зростання відмічено у 2014 р. (4,37 т/га) і тривало впродовж наступних років аналізованого періоду, досягнувши максимуму 5,39 т/га у 2021 р. У 2022 р. валовий збір зернових становив 53,9 млн т, а площа зібраних посівів – 12,2 млн га, що відповідно на 24% та 37% менше порівняно з 2021 р. У 2023 р. зафіксовано найнижчий рівень посівних площ зернових і зернобобових культур за останні 33 роки дослідження [1].

Щодо обсягів виробництва зерна, то у 2022 р. вони були найнижчими за період 2013–2023 рр. Зауважимо, що подібний рівень валового збору зерна спостерігався у 1990, 2008, 2011 та 2022 рр. – у межах 51,0–56,7 млн т, тоді як за період 1991–2007 рр. обсяги виробництва не перевищували 45,5 млн т і знижувалися до мінімуму у 20,2 млн т. Водночас у 2023 р., попри скорочення посівних площ на 9,7% порівняно з 2022 р., виявлено зростання середньої врожайності зернових і зернобобових культур на 0,94 т/га, або 20,5% та валового збору зерна – на 4,84 млн т, або на 18,5% (рис. 1).

У 2022 р. валовий збір зерна кукурудзи становив 22,3 млн т, що відповідає рівню 2011 р. і є найнижчим показником за останнє десятиліття. У 2023 р. зафіксо-

вано зростання: валовий збір збільшився на 4,84 млн т (+18,5%) завдяки вищій урожайності – на 1,46 т/га (+22%) – незважаючи на зменшення площі збирання на 8%. Урожайність зерна кукурудзи у 2023 р. була найвищою за весь період спостережень (1990–2023 рр.) і становила 7,81 т/га. Водночас зафіксовано зростання посівних площ кукурудзи на 27,5% порівняно з попереднім роком, що дало змогу практично відновити їх до рівня 2012–2015, 2017 та 2020–2021 рр. (рис. 2).

У 2022 р. врожайність зерна кукурудзи в різних агрокліматичних зонах країни характеризувалася нерівномірним розподілом та істотними відмінностями між середнім показником (4,18 т/га) і регіональними значеннями [1]. Найнижчий рівень урожайності (до 2,7 т/га) відмічено у степовій зоні за сукупної площі посівів 182,6 тис. га. Урожайність у межах 2,7–4,5 т/га за середнього рівня 3,82 т/га відзначалася на площі 1846,5 тис. га, тоді як за рівня 4,50–6,32 т/га (середнє 5,65 т/га) посівні площі становили 2294,3 тис. га. У Лісостепу зосереджено 57,2% посівних площ кукурудзи за середнього рівня урожайності 5,13 т/га, тоді як у Поліссі та Степу – 21,7 та 21,1% з врожайністю зерна 5,35 і 2,91 т/га відповідно (рис. 3).

Особливістю розподілу рівня врожайності кукурудзи у 2023 р. є високий рівень показників у зонах Полісся та Лісостепу – 8,28 і 8,57 т/га відповідно, за

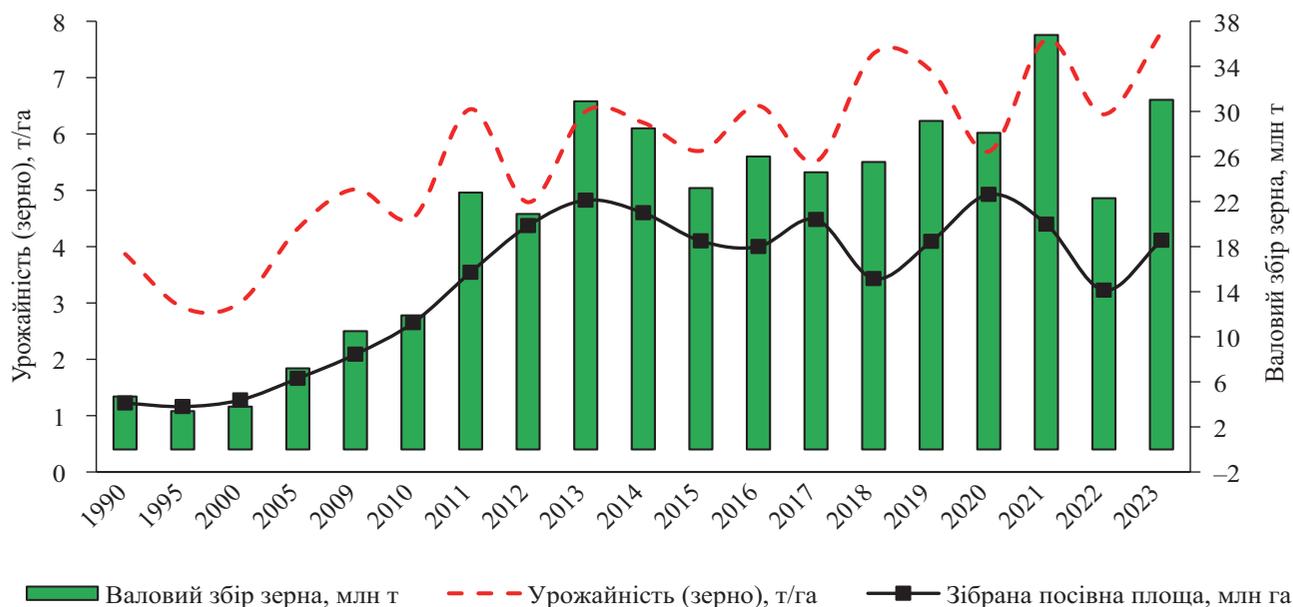


Рис. 2. Динаміка врожайності, зібраної площі і валового збору зерна кукурудзи в Україні у 1990–2023 рр.*

Примітка. * Рисунок побудовано за даними Державної служби статистики України. URL: <https://www.ukrstat.gov.ua/>.

вдвічі нижчого рівня в зоні Степу – 4,11 т/га. Урожайність зерна кукурудзи в областях степової зони фактично відповідала середньому рівню по Україні у 2022 р.

Максимальну врожайність зафіксовано в Тернопільській обл. – вона перевищила середній показник по країні на 38%. Попри незначну частку посівних площ у цій області (114,3 тис. га, або 2,87% загальної структури), середній рівень урожайності зерна кукурудзи у Поліссі та Лісостепу залишався високим за відповідної частки

посівних площ – 22,8 і 56,8% відповідно. Частка посівів культури у Степу була найменшою, і сягала 20,4% за середнього рівня врожайності зерна 4,11 т/га (рис. 4).

Аналіз структури посівних площ пшениці (озимої та ярої) свідчить, що у степовій зоні зосереджено майже половину (44%) загального обсягу посівів цієї культури в Україні, тоді як у Поліссі та Лісостепу – 17% і 39% відповідно. Посіви кукурудзи та сої переважають у Лісостепу, де їх частка становить 57% та 63% відповідно. У Степу та на Поліссі площі посівів кукурудзи

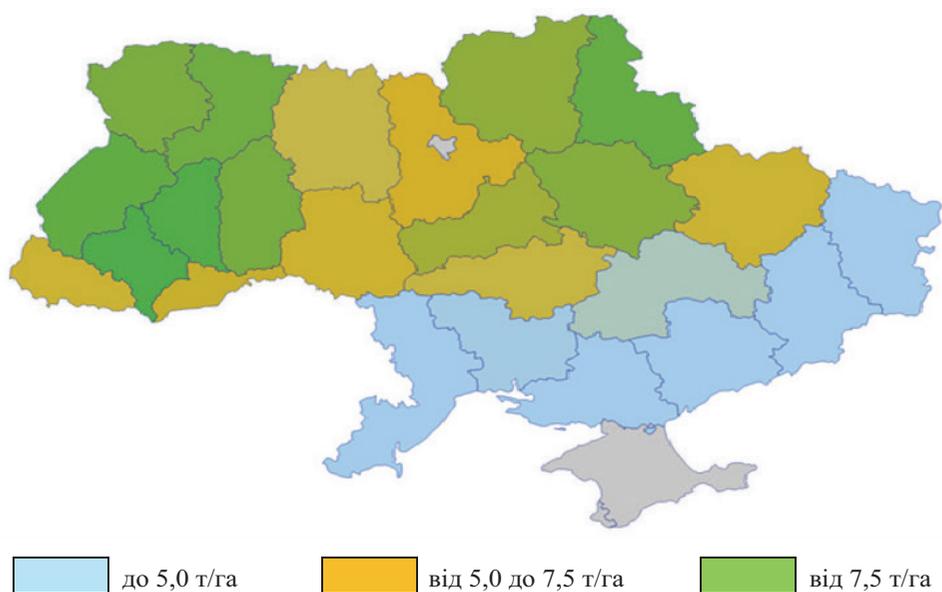


Рис. 3. Урожайність кукурудзи на зерно за категорією область, 2022 р., т/га

Примітка. * Рисунок побудовано за даними Державної служби статистики України. URL: <https://www.ukrstat.gov.ua/>.

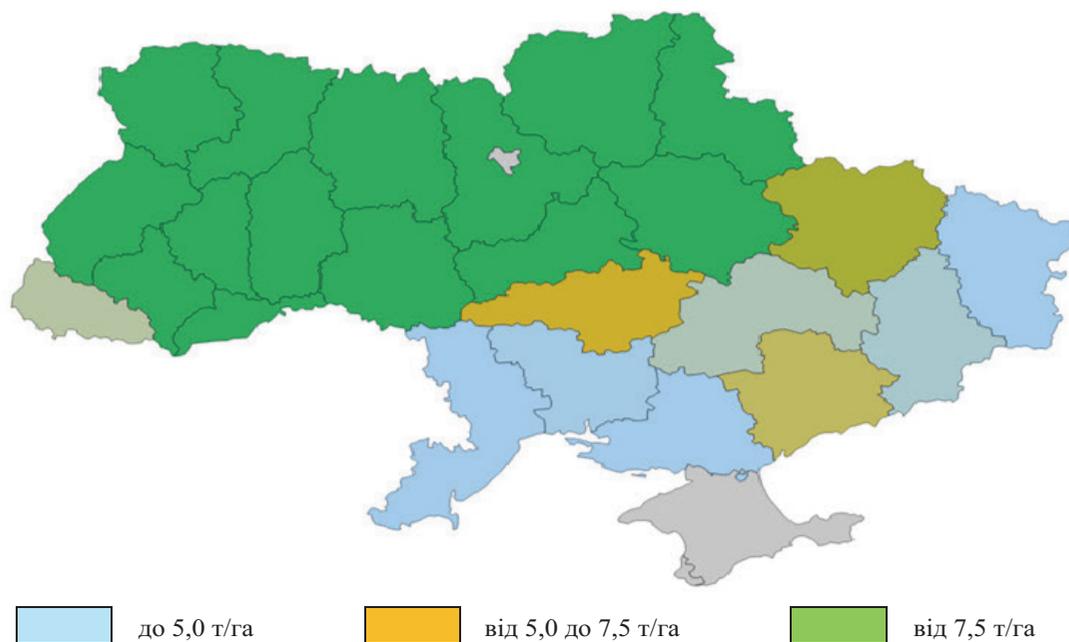


Рис. 4. Урожайність кукурудзи на зерно за категорією область, 2023 р., т/га

Примітка. * Рисунок побудовано за даними Державної служби статистики України. URL: <https://www.ukrstat.gov.ua/>.

залишаються на приблизно на однаковому рівні – 810,0–904,8 тис. га, або по 20–23% у кожній зоні.

У 2018 р. спостерігалася тенденція до розширення посівних площ кукурудзи: згідно з [17], площа посівів культури сягала 31% загальної площі зернових і зернобобових культур (4564 тис. га), водночас валовий збір зерна становив 35,8 млн т, а урожайність – 7,84 т/га. У 2020 р. встановлено рекордну площу під посівами кукурудзи – 4,93 млн га (найбільшу за період 1990–2023 рр.). У 2022 р. площа посівів знизилася до рівня майже 2011 р., не перевищуючи 3,54 млн га. Структура посівних площ за агрокліматичними зонами наочно демонструє домінування окремих культур у регіонах, що визначає потенційних попередників та особливості структури сівозміни (рис. 5).

Кукурудза, як мезофіт, характеризується певною посухостійкістю, зокрема здатністю економно використовувати ґрунтову вологу в посушливі періоди, проте високий рівень її продуктивності можливий лише за сприятливих погодних умов вегетаційного періоду [12]. Пшениця виконує важливу агротехнічну роль у сівозміні, сприяючи зменшенню рівня забур'яненості, поліпшенню водного режиму ґрунту та будучи добрим попередником для кукурудзи на зерно. Реалізація потенціалу її врожайності на 31–50% залежить від погодних умов на час появи сходів, відновлення вегетації та наливу зерна [13].

Соя, навпаки, є більш вибагливою культурою до рівня зволоження, глибини кореневмісного шару

та забезпечення елементами мінерального живлення. Установлено, що за полицевої системи обробки ґрунту витрати вологи на формування врожаю сої були на 16% нижчими, ніж за технології *no-till*, що забезпечувало приріст урожайності на 23%. Поліпшення агрофізичного стану кореневмісного шару ґрунту за *no-till*-системи сприяло формуванню агрономічно цінної структури та збільшенню вмісту водостійких агрегатів розміром 0,25–10 мм: у шарі 0–10 см – на 15,5%, 10–20 см – на 10,3%, 20–30 см – на 9,1% порівняно з полицевим обробітком [15].

Система удобрення, особливо за вирощування в короткоротаційних сівозмінах, істотно впливає на реалізацію продуктивного потенціалу культур. Так, у зерно-паро-просапній сівозміні за органо-мінеральної системи удобрення (120 кг/га NPK + побічна продукція) найвища продуктивність сої спостерігалась за частки культури в сівозміні 20% – 4,78 т/га з. од. Збільшення її частки до 40% і 60% призвело до зниження врожайності культури до 3,88 та 3,97 т/га з. од. відповідно [16].

Отже, продуктивність короткоротаційної зернової сівозміни значною мірою залежить від комплексу агротехнічних заходів, погодних умов та оптимального чергування культур. Аналіз особливостей формування продуктивності короткоротаційної зернової сівозміни й ролі окремих культур за різних систем обробки ґрунту потребує подальшого уточнення в контексті кліматичних змін та глобальної

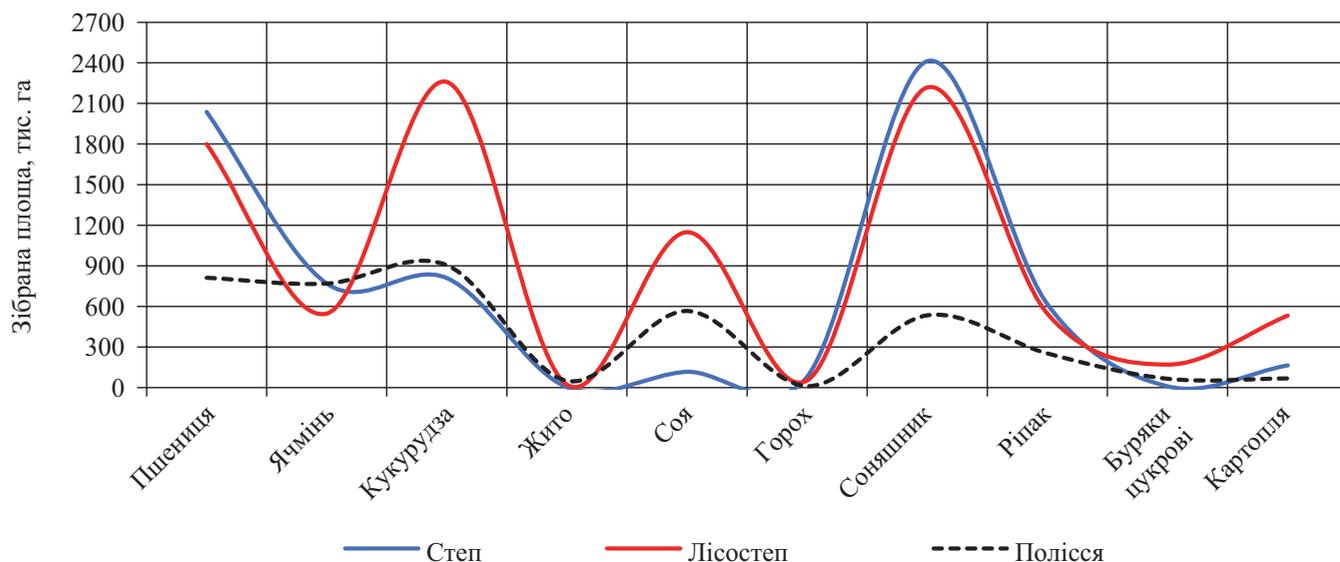


Рис. 5. Структура посівних площ основних сільськогосподарських культур за агрокліматичними зонами України у 2023 р., тис. га

Примітка. * Рисунок побудовано за даними Державної служби статистики України. URL: <https://www.ukrstat.gov.ua/>.

трансформації аграрного виробництва і споживання отриманої рослинницької продукції.

Умови і методика досліджень. Дослідження проводили в північній частині Правобережного Лісостепу України на базі тривалого стаціонарного досліді відділу обробітку ґрунту і контролювання сегетальної рослинності ННЦ «ІЗ НААН». Ґрунт дослідної ділянки – сірий лісовий легкосуглинковий.

У 2009–2013 рр. дослідження здійснювались у межах п'ятирічної короткоротаційної сівозміни з таким чергуванням культур: *горох – пшениця озима – кукурудза на зерно – ячмінь ярий – соя*. З 2014 р. впроваджено чотирірічну сівозміну: *пшениця озима – кукурудза на зерно – ячмінь ярий – соя*. У 2021 р. сівозміну оновлено, і має таке чергування культур: *пшениця озима – просо – овес – соя*. Частка зернобобових культур у сівозміні за 2009–2013 рр. становила 40%, зернових – 60%, а з 2014 р. донині – відповідно 25% і 75%.

Оцінку типовості погодних умов проводили за шкалою, розробленою Маньком Ю.П. [5]: (–2) – екстремально знижений; від (–1) до (–2) – істотно знижений; від (–0,4) до (–1) – неістотно знижений; від (0) до (±0,3) – оптимальний; від (+0,4) до (+1) – неістотно завищений; від (+1) до (+2) – істотно завищений; більше (+2) – екстремально завищений. Облік урожаю та його структурних показників здійснювали за «Методикою державного сортопробування сільськогосподарських культур» (2001 р.). Статистичну достовірність результатів оцінювали за інтервальним

відхиленням, стандартним відхиленням (S) та коефіцієнтом варіації (V, %), використовуючи ПК та програмне забезпечення «Статистика 6.1».

Результати та їх обговорення. Аналіз погодних умов за останнє десятиліття свідчить, що навіть у зонах достатнього зволоження посіви культур періодично втрачають продуктивність через ґрунтові посухи та високі температури в період вегетації. Одним із важливих агротехнічних заходів є основний обробіток ґрунту, що сприяє накопиченню вологи в осінньо-зимовий період і регулює температурний режим через розміщення рослинних решток. Реакція культур на цей захід залежить від їх фізіологічних потреб та морфології кореневої системи. Зокрема, у кукурудзи формується від 5 до 9 ярусів вузлових коренів залежно від групи стиглості [8; 9].

За 2009–2023 рр. зафіксовано зниження місячної норми опадів із коефіцієнтом істотності (Ki) від –1,32 до –4,47, що відповідає істотному та екстремальному зниженню [5]. Найбільші відхилення спостерігались у червні–серпні, зокрема у 2009 р. також у квітні й липні (Ki від –2,0 до –2,31). За рік випало лише 70% норми опадів, дефіцит тривав 10 міс. У квітні випало лише 3,0 мм за норми 49 мм, у липні–вересні – на 58–77% менше норми. Сумарно за три місяці – 70 мм, що на 134 мм менше від нормативного рівня.

У 2019 р. весняні опади були на 18% нижчими за норму, у червні – вдвічі менше, а в липні та серпні – лише 25% і 32% відповідно (рис. 6).

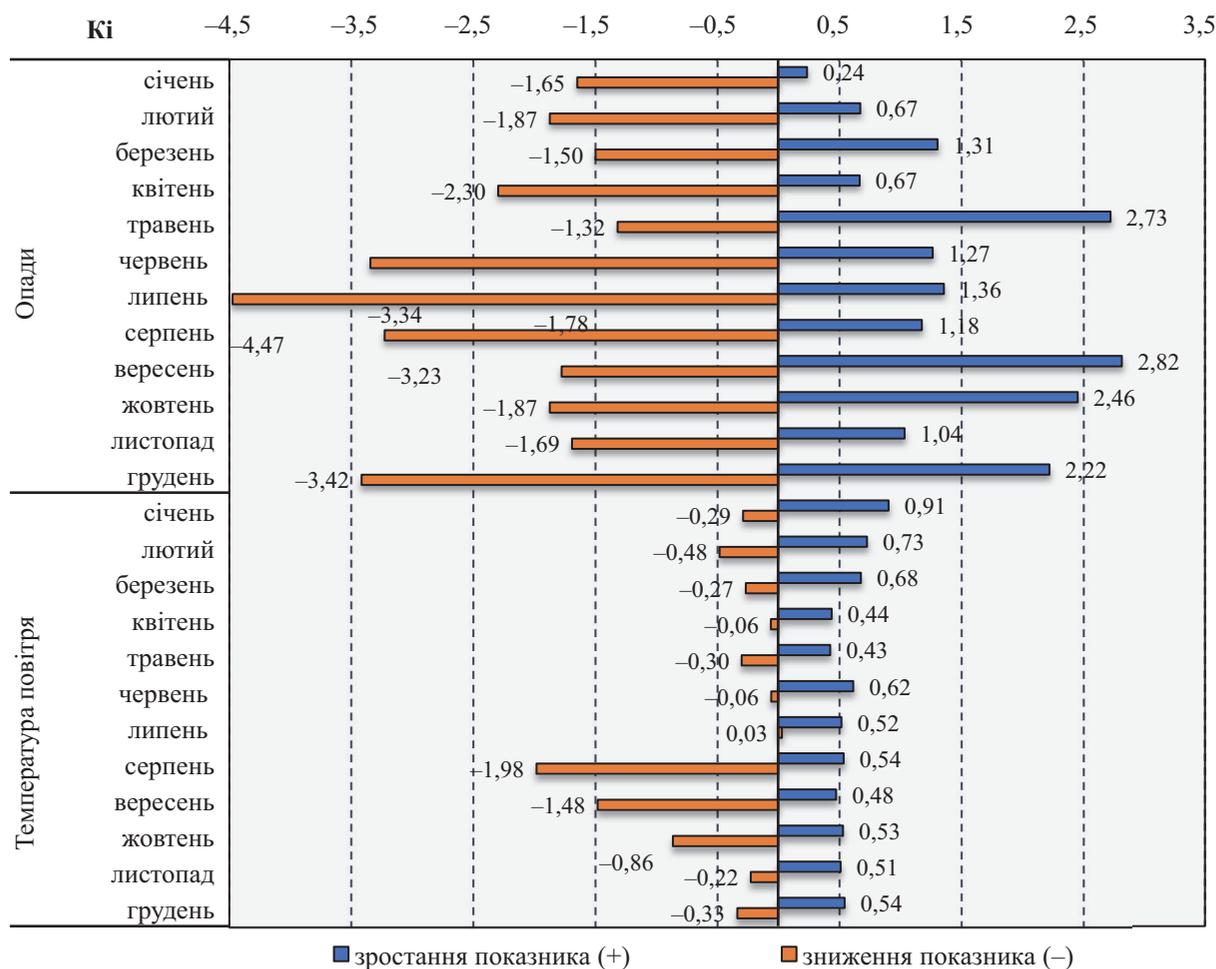


Рис. 6. Коефіцієнт істотності відхилень (Ki) погодних умов із діапазоном максимального зростання та зниження у 2009–2023 рр., 2009–2023 рр.

Окремі роки істотно впливали на формування значень у досліджуваній період. Так, у 2015 і 2019 рр. у весняно-літній період коефіцієнт істотності (Ki) був досить критичним, а дефіцит зволоження спостерігався впродовж трьох місяців поспіль. У червні–серпні 2015 р. Ki становив від $-2,58$ до $-3,34$, а в 2019 р. – від $-2,45$ до $-4,47$. Цей період є критичним для формування продуктивності ярих ранніх культур.

Осінній період також характеризувався недостатнім зволоженням та підвищеними температурами ($+0,8...+2,8$ °C понад норму). Середньорічна температура повітря у 2019 р. була вищою на $+3,0$ °C від середньої багаторічної норми, з коефіцієнтом істотності (Ki) від $0,45$ до $0,62$. Найбільше перевищення температур спостерігалося у лютому–березні ($+4,4$ °C), червні ($+5,7$ °C), серпні ($+4,1$ °C) та грудні ($+5,0$ °C).

За таких погодних умов було ускладнено проведення якісного основного та передпосівного обробітку ґрунту під озимі культури, що спричинило пізню появу сходів пшениці озимої. Дефіцит зволоження

впродовж вегетації негативно вплинув на врожайність. У 2015 р. за мілкого безполицевого обробітку врожайність ячменю становила $2,40$ – $2,47$ т/га, сої – $1,15$ – $1,19$ т/га. Різноглибинна полицева система обробітку ґрунту (10 – 30 см, контроль) забезпечувала накопичення вологи в осінньо-зимовий період і підвищення врожайності: на $0,61$ т/га – для ячменю, на $0,48$ т/га – для сої.

Урожайність пшениці озимої та загальна продуктивність сівозміни в 2014–2017 рр. загалом знижувалася через несприятливі погодні умови 2015 р. та зростала завдяки сприятливим умовам 2016 р. У 2015 р. сума опадів сягала 56% від норми, а за вегетацію ярих культур – лише 107 мм, що становить третину середньої багаторічної норми (331 мм). Зниження продуктивності сівозміни у 2015 р. порівняно з 2014 і 2016 рр. становило $2,1$ – $2,3$ т/га з. од. Для кукурудзи за полицевої та диференційованої систем обробітку зниження врожайності сягало $2,44$ т/га з. од., або 29% .

Кукурудза є ключовою культурою у формуванні продуктивності короткоротаційної зернової сівозміни.

Продуктивність різноротаційних сівозмін та збір зернових одиниць (з. од.) за різних систем основного обробітку ґрунту, т/га

Система основного обробітку	Культура	Продуктивність, т/га з. од.			
		2005-2008 рр.	2009-2013 рр.	2014-2017 рр.	2018-2021 рр.
Різноглибинна полицева на 10–30 см (контроль)	горох	5,21	4,04	-	-
	пшениця озима	4,43	5,17	4,80	4,91
	кукурудза на зерно	8,14	6,25	7,62	8,50
	ячмінь ярий	5,06	2,85	3,26	3,46
	соя (посів із 2008 р.)	2,86	3,28	4,81	5,33
	<i>на 1 га сівозміни, з. од.</i>	5,14	4,32	5,12	5,55
Різноглибинна плоскорізна на 10–30 см	горох	3,71	3,74	-	-
	пшениця озима	4,31	4,95	4,49	4,53
	кукурудза на зерно	8,08	6,14	7,25	8,15
	ячмінь ярий	4,81	2,56	3,12	3,31
	соя (посів із 2008 р.)	3,02	2,99	4,66	5,06
	<i>на 1 га сівозміни, з. од.</i>	4,79	4,08	4,88	5,26
Диференційована на 10–45 см	горох	3,75	3,99	-	-
	пшениця озима	4,57	5,08	4,93	5,31
	кукурудза на зерно	8,32	6,31	7,62	8,89
	ячмінь ярий	5,20	2,82	3,41	3,56
	соя (посів із 2008 р.)	3,06	3,41	4,98	5,71
	<i>на 1 га сівозміни, з. од.</i>	4,98	4,32	5,24	5,87
Одноглибинна дискова на 10–12 см	горох	3,85	3,57	-	-
	пшениця озима	4,23	4,76	4,31	4,74
	кукурудза на зерно	6,85	6,27	6,93	7,94
	ячмінь ярий	4,63	2,56	2,87	3,19
	соя (посів із 2008 р.)	2,92	2,86	4,18	4,81
	<i>на 1 га сівозміни, з. од.</i>	4,50	4,00	4,57	5,17

Примітка. НІР 05, т/га за ротацію 2005–2008 рр.: горох – 0,29, пшениця озима – 0,11, кукурудза на зерно – 0,63, ячмінь ярий – 0,38, соя – посів розпочато з 2008 р.; за ротацію 2009–2013 рр.: горох – 0,15, пшениця озима – 0,21, кукурудза на зерно – 0,23, ячмінь ярий – 0,19, соя – 0,14; за ротацію 2014–2017 рр. пшениця озима – 0,43, кукурудза на зерно – 0,45, ячмінь ярий – 0,30, соя – 0,23; за ротацію 2018–2021 рр. пшениця озима – 0,27, кукурудза на зерно – 0,44, ячмінь ярий – 0,21, соя – 0,14.

У сівозміні з горохом і соєю її частка становила 29–32% (2005–2013 рр.) від загального потенціалу, а у сівозміні лише з соєю – 37–38% (2014–2021 рр.). Оптимальними за гідротермічними умовами для отримання стабільного врожаю ($\geq 6,0$ т/га) були 2006–2008, 2011, 2014 та 2016 рр., коли ГТК (гідротермічний коефіцієнт) сягав 1,23–1,76. Найвищу продуктивність сівозміни (5,87 т/га з. од.) отримано у 2018–2021 рр. за диференційованої системи обробітку ґрунту, де частка кукурудзи становила 38% (табл.).

Для забезпечення стабільного та високого врожаю ячменю ярого необхідно, щоб сума активних температур становила 1250–1450 °С, а кількість опадів – 250–300 мм [14]. Фактично у квітні–липні 2014 і 2016 рр. сума опадів відповідала нормі – 221 та 311 мм відповідно. Натомість у 2015 і 2017 рр.

погодні умови були несприятливими: кількість опадів становила лише 107 та 141 мм відповідно.

Середня продуктивність агроценозу ячменю за ротацію сівозміни (2014–2017 рр.) за різних систем обробітку ґрунту сягала 3,16 т/га з. од., що на 0,47 т/га (на 15%) більше порівняно з вирощуванням культури у сівозміні з двома бобовими (2009–2013 рр.). Випадання опадів ≤ 10 мм на місяць спостерігалось у квітні 2009 р. ($K_i = -2,0$) та липні 2012 і 2013 рр. ($K_i = -1,43 \dots -2,36$).

Аналіз продуктивності сівозміни за 2005–2021 рр. показує значні коливання врожайності ячменю – від 2,5 до 5,20 т/га з. од., із середнім значенням за цей період 3,54 т/га. Максимальний рівень продуктивності (5,20 т/га з. од.) було досягнуто за диференційованої системи обробітку ґрунту в сівозміні

у 2005–2008 рр., за середньої кількості опадів 318 мм (максимум 400 мм). Частка ячменю в загальній продуктивності сівозміни знижувалась від 20% (2005–2008 рр.) до 13% (2009–2013 рр.), а в чотириріпільних сівозмінах 2014–2021 рр. становила 16%.

Сівозміна з двома зернобобовими культурами (2005–2013 рр.) демонструвала високий рівень продуктивності за різноглибинної полицевої системи обробітку ґрунту. Частка сої становила 11–15%, гороху – 19–20%. Збір зернових одиниць бобовими культурами досягав 7,32–8,07 т/га, із загальною часткою 31–34%. Оптимальними роками за значеннями ГТК (1,33–1,83) для врожайності зерна гороху були 2005–2009 та 2012 рр.: 3,44 т/га за одноглибинного дискового обробітку (10–12 см) та 3,64 т/га за різноглибинного полицевого (10–30 см).

Висновки

Кукурудза є ключовою культурою у формуванні продуктивності короткоротаційної сівозміни. Адаптивні системи обробітку ґрунту, зокрема диференційована та *no-till*-технологія, сприяють ефективному використанню ґрунтової вологи та стабільній урожайності. Продуктивність культур залежить від

структури сівозміни, кліматичних умов і прийнятих агротехнічних рішень.

У період 2005–2013 рр. в сівозміні, насиченій двома зернобобовими культурами, частка яких становила 31–34%, збір зернових одиниць становив 7,32–8,07 т/га. Оптимальними роками для врожайності зерна гороху, за значеннями ГТК 1,33–1,83, були 2005–2009 та 2012 рр.: 3,44 т/га за одноглибинного дискового обробітку (10–12 см) та 3,64 т/га – за різноглибинного полицевого (10–30 см). Найвищу продуктивність сівозміни – 5,87 т/га з. од. – відмічено в 2018–2021 рр. за диференційованої системи обробітку ґрунту, де частка кукурудзи становила 38%.

У період 2005–2021 рр. урожайність ячменю демонструвала істотні коливання – від 2,56 до 5,20 т/га з. од. Найвищий рівень продуктивності – 5,20 т/га з. од. – досягнуто за диференційованої системи обробітку в сівозміні 2005–2008 рр. за середньої кількості опадів 318 мм (максимум 400 мм). Частка ячменю у формуванні загальної продуктивності сівозміни змінювалась: від 20% у 2005–2008 рр. до 13% у 2009–2013 рр., з подальшим збільшенням до 16% у чотириріпільних сівозмінах 2014–2021 рр.

ЛІТЕРАТУРА

1. Державна служба статистики України. *Обсяг виробництва, урожайність та зібрана площа сільськогосподарських культур за їх видами (щомісячна інформація)*. URL: <https://www.ukrstat.gov.ua/>.
2. Державна служба статистики України. *Внесення мінеральних та органічних добрив, застосування пестицидів (1990–2022)*. URL: <https://www.ukrstat.gov.ua/>.
3. Іванюга, С.П., Коломієць, О.О., Малиновська, О.А., & Якушенко, Л.М. *Зміна клімату: наслідки та заходи адаптації* (С. П. Іванюга, Ред.). НІСД, 2020. URL: <https://www.niss.gov.ua/publikacii/analitichni-dopovidy>.
4. Ткаченко, М.А., Борис, Н.Є., Задубинна, Є.В., & Тарасенко, О.А. Продуктивність кукурудзи за різних способів основного обробітку ґрунту, удобрення в умовах зміни клімату. У В.В. Іванишин (Ред.), *Наука XXI ст.: виклики та перспективи. Розділ 2. Науки про землю, сільськогосподарські науки*. 2021. Т. 2. *Природничі науки* (с. 109–134). Осадца Ю.В.
5. Манько, Ю.П. Методика оцінки адекватності явищ і технологій у землеробстві. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2007. Вип. (9). С. 26–31.
6. Борис, Н.Є., Пташнік, М.М., Заяць, П.С., & Красюк, Л.М. Формування поживного режиму сірого лісового ґрунту за різного антропогенного навантаження в агросистемах Лісостепу. *Землеробство та рослинництво: теорія і практика. Землеробство, меліорація, ґрунтознавство, агрохімія*. 2024. Вип. (1)11.С. 13–23. Doi:<https://doi.org/10.54651/agri.2024.01.02>.
7. Borys, N., & Kuut, A. The influence of basic soil tillage methods and weather conditions on the yield of spring barley in forest-steppe conditions. *Agronomy Research*. 2016. 12(2).P. 317–326.
8. Litvinov, D., Litvinova, O., Borys, N., Butenko, A., Masyk, I., Onychko, V., Khomenko, L., Terokhina, N., & Kharchenko, S. The typicality of hydrothermal conditions of the forest steppe and their influence on the productivity of crops. *Environmental Research, Engineering and Management*. 2020. 76(3). P. 84–95. Doi: <https://doi.org/10.5755/j01.ere.m.76.3.25365>.
9. Малієнко, А.М., Гаврилов, С.О., & Борис, Н.Є. Продуктивність кукурудзи на зерно за різних способів основного обробітку ґрунту в короткоротаційній сівозміні. *Збірник наукових праць*

- ННЦ Інститут землеробства НААН. 2016. Вип. (3–4). С. 45–58.
10. Stasiv, O., Kachmar, O., Vavrynovych, O., & Arabska, E. Ecological and economic efficiency of growing maize for grain in short-rotation cultivation of the western region. *Agricultural and Resource Economics: International Scientific E-Journal*. 2021. 7(2). P. 182–199.
 11. Демиденко, О.В., & Задубинна, Є.В. Ефективність побічної продукції в перші роки застосування системи no-till-технології. *Землеробство та рослинництво: теорія і практика*. 2024. Вип.(1)11. С. 31–41. Doi:<https://doi.org/10.54651/agri.2024.01.04>
 12. Янош, Н. *Кукурудза*. ФОП Корзун Д. Ю. 2012.
 13. Юла, В.М., & Дрозд, М.О. Вплив погодних умов та удобрення на продуктивність пшениці твердої ярої в північній частині Лісостепу. *Вісник аграрної науки*. 2015. Вип.(4).С. 23–27.
 14. Шкурко, В.С. Вплив погодних умов на врожайність ячменю ярого і можливість прогнозування врожайів. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2011. Вип. (4). С. 156–159.
 15. Litvinov, D., & Olefirenko, O. Assessment of the tillage impact on soybean productivity. *Plant & Soil Science*. 2023. Вип. 3(14). Doi: <https://doi.org/10.31548/plant3.2023.75>.
 16. Мащенко, Ю.В., Соколовська, І.М., & Ткач, А.Ф. Продуктивність сої залежно від її частки в сівозміні. 2023. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка. Сільськогосподарські науки*. Вип. (1)38.С. 26–32. Doi: <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2023-1.4>.
 17. Драгнев, С. (2019, серпень 21). Виробництво кукурудзи у світі та в Україні. SAF.URL: <https://saf.org.ua/news/671/>.
 18. Лотиш, О.Я. Роль України на світовому ринку зерна: виклики і загрози. *Економіка та суспільство*. 2022. Вип. (45). Doi: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2022-45-56>.

REFERENCES

1. State Statistics Service of Ukraine. Volume of production, yield and harvested area of agricultural crops by their types (monthly information). URL: <https://www.ukrstat.gov.ua/> [in Ukrainian].
2. State Statistics Service of Ukraine. Application of mineral and organic fertilizers, use of pesticides (1990–2022). URL: <http://www.ukrstat.gov.ua> [in Ukrainian].
3. Climate change: consequences and measures of adaptation: analyst. Report / [S.P. Ivaniuta, O.O. Kolomiets, O.A. Malynovska, L.M. Yakushenko]; za red. S.P. Ivaniuty. Kyiv: NISD, 2020. 110 p. URL: <https://www.niss.gov.ua/publikacii/analitichni-dopovidi> [in Ukrainian].
4. Tkachenko M., Borys N. (2019). Productivity of corn under different methods of main tillage, fertilization in conditions of climate change. *Science of the 21st century: challenges and prospects*. Chapter 2. Earth sciences, agricultural sciences. Volume 2. Natural sciences: collective monograph in 2 volumes. za zah. red.: V.V. Ivanyshyna. Ternopil: Osadtsa Yu.V.P. 109–134 [in Ukrainian].
5. Manko Yu.P. (2007) Methodology for evaluating the adequacy of phenomena and technologies in agriculture. *Scientific works of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet*, 9, 26–31 [in Ukrainian].
6. Borys N.Ie., Ptashnik M.M., Zaiats P.S., Krasiuk L.M. (2024). Formation of the nutrient regime of the gray forest soil under different anthropogenic loads in the agrosystems of the Forest Steppe. *Zemlerobstvo ta roslыnnyctvo: teoriia i praktyka. Zemlerobstvo, melioratsiia, gruntoznavstvo, ahrokhimiia*, 1 (11), 13–23. doi: 10.54651/agri.2024.01.02 [in Ukrainian].
7. Borys N., Kuut A. (2016). The influence of basic soil tillage methods and weather conditions on the yield of spring barley in forest-steppe conditions. *Editiria/ Estonia University of Life Sciences. Agronomy Research.*, 12, 2, 317–326 [in English].
8. Dmytro Litvinov, Olena Litvinova, Natalia Borys, Andrii Butenko, Ihor Masyk, Viktor Onychko, Lidiya Khomeiko, Nataliia Terokhina, Sergii Kharchenko (2020). A The Typicality of Hydrothermal Conditions of the Forest Steppe and Their Influence on the Productivity of Crops. *Environmental Research, Engineering and Management*, 76, 3, 84–95. DOI: <https://doi.org/10.5755/j01.arem.76.3.25365> [in English].
9. Maliienko A.M., Havrylov S.O., Borys N.Ie. (2016). Productivity of corn per grain under different methods of main tillage in short-rotation crop rotation. *Zbirnyk naukovykh prats NNTs Instytut zemlerobstva NAAN*, 3–4, 45–58 [in English].
10. O. Stasiv, O. Kachmar, O. Vavrynovych, E. Arabska. Ecological and economic efficiency of growing maize for grain in short-rotation cultivation of the western region. *Agricultural and Resource Economics: International Scientific E-Journal*, 7, (2), 182–199 [in English].
11. Demydenko O.V., Zadubynna E.V. (2024). Efficiency of by-products under no-till system in the first years of application. *«Agriculture and crop production: theory and practice»*, 1 (11), 31–41. doi: 10.54651/agri.2024.01.04 [in English].
12. Ianosh N. (2012). *Kukurudza / N. Yanosh*. Vinnytsia: FOP Korzun D.Yu. 580 p. [in Ukrainian].

13. Iula V.M., Drozd M.O. (2015). The influence of weather conditions and fertilization on the productivity of durum spring wheat in the northern part of the Forest-Steppe. *Visnyk ahrarnoi nauky*, 4, 23–27 [in Ukrainian].
14. Shkurko V.S. (2011). The influence of weather conditions on the yield of spring barley and the possibility of forecasting harvests. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii*, 4, 156–159 [in Ukrainian].
15. Litvinov D., Olefirenko O. (2023). *Plant & Soil Science. Assessment of the tillage impact on soybean productivity*, 3 (14). DOI 10.31548/plant3.2023.75 [in English].
16. Mashchenko Yu.V., Sokolovska I.M. Tkach A.F. (2023). The productivity of the soy depending on its part in the crops and fertilization system in the conditions of north steppe. *Researcher of the Agricult. Podilian Bulletin: agriculture, engineering, economics: Agricultural sciences*, 1 (38), 26–32. DOI: <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2023-1.4> [in Ukrainian].
17. Семен Драгнєв. Виробництво кукурудзи у світі та в Україні. 21/08/2019. URL: <https://saf.org.ua/news/671/> [in Ukrainian].
18. Lotysh Oksana (2022). UKRAINE'S ROLE IN THE GLOBAL GRAIN MARKET: CHALLENGES AND THREATS. *Economy and society*, 45. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2022-45-56> [in Ukrainian].

Borys N.Y., Ptashnik M.M.

The role of corn in forming the productivity of short crop rotation under various soil tillage systems in conditions of climate changes

Aim. To systematize and analyze analytical information regarding the dynamics of the structure of sown areas and determine the impact of different soil tillage systems on the productivity of agrocenoses, with a special focus on the role of grain maize under climate change conditions and its contribution to the overall productivity of short crop rotations. **Methods.** Generalization, analysis and synthesis, field, laboratory, calculation-comparative, and mathematical-statistical methods were applied. **Results.** It was established that climate change, particularly the decrease in precipitation and the increase in temperature, leads to a significant reduction in crop productivity even in zones with sufficient moisture. It was determined that adaptive tillage systems, in particular differentiated and no-till technology, contribute to improving plant water supply and increasing the stability of the yield level of field crops. The share of maize in the crop rotation increased up to 38% in years with the highest productivity. It was found that crop rotations that include leguminous crops (pea, soybeans) provide a higher level of productivity, with a total grain unit yield of up to 8.07 t/ha. The highest corn yield (>8.5 t/ha) was obtained under conditions of a favorable hydrothermal regime (hydrothermal coefficient 1.23–1.76) and the use of differentiated cultivation. **Conclusions.** The results of the research indicate that maize is a dominant crop in shaping the productivity of short-rotation grain crop rotations, and its yield largely depends on weather conditions and the soil tillage system. Differentiated and no-till systems contribute to more efficient water use and stabilize crop yields within the crop rotation. Leguminous crops, particularly soybean and pea, improve the structure of the crop rotation and the overall nutrient balance. The highest productivity indicators were achieved by combining differentiated tillage, an optimal maize share (up to 38%), and sufficient precipitation during the growing season.

Key words: of production volume, differentiated cultivation system, grain and legume crops, grain units, planted area, air temperature, rainfall.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Борис Н.Є., кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник відділу обробітку ґрунту і контролювання сегетальної рослинності, ННЦ «ІЗ НААН», e-mail: nataliaborys2020@gmail.com, ORCID:0000-0002-9385-1263.

Borys N.Y., Candidate of Agricultural Sciences, Senior Research, of the Department of Tillage and Control of Segetal Vegetation, the NSC «Institute of Agriculture of NAAS», e-mail: nataliaborys2020@gmail.com, ORCID:0000-0002-9385-1263.

Пташнік М.М., кандидат сільськогосподарських наук, завідувач відділу обробітку ґрунту і контролювання сегетальної рослинності, ННЦ «ІЗ НААН», e-mail: obrobitok@ukr.net, ORCID:0000-0001-8002-7139.

Ptashnik M.M., Candidate of Agricultural Sciences, Head of the Department of Tillage and Control of Segetal Vegetation, the NSC «Institute of Agriculture of NAAS», e-mail: obrobitok@ukr.net, ORCID:0000-0001-8002-7139.

Надійшла 19.02.2025

ВПЛИВ ПРЕПАРАТІВ БІОЛОГІЧНОГО ПОХОДЖЕННЯ НА УРОЖАЙНІСТЬ ТА ЯКІСНІ ПОКАЗНИКИ БУЛЬБ КАРТОПЛІ В УМОВАХ ПІВДЕННОГО ПОЛІССЯ УКРАЇНИ

В.Ю. Ямковий, І.М. Подберезко, М.М. Фурдига

Інститут картоплярства НААН (с-ще Немішаєве, Україна)

Мета. Встановити вплив біологічних препаратів у біологізованій технології вирощування на величину врожайності, показники якості та товарності продукції картоплі в умовах Полісся України. **Методи.** Польовий, лабораторний, вимірjувально-ваговий, розрахунковий, статистичний. **Результати.** Встановлено, що найнижчі значення врожайності та товарності бульб відмічено в контрольному варіанті (1), а застосування біопрепаратів призводило до зростання вище вказаних показників у всіх варіантах дослідjу. Найвищі значення врожайності та товарності бульб в роки проведення досліджень відзначено у варіантах 6 (Фон + гній 40 т/га + МікоХелп + Райс Пі) та 7 (Фон + гній 40 т/га + Бактофіт + Райс Пі). Вміст крохмалю у бульбах, в середньому за роки досліджень, становив 17,5–17,9%. Слід зазначити, що в контрольному варіантах крохмалю у бульбах було дещо менше, ніж у варіантах, де застосовували біопрепарати на фоні сидерального пару та додаткового внесення гною. Використання біопрепаратів сприяло підвищенню вмісту крохмалю в бульбах на 0,2–0,4%. Найбільш ефективним був варіант 5 (Фон + гній 40 т/га + Фітодоктор + Райс Пі). Незважаючи на дещо підвищений вміст крохмалю у варіантах із використанням біопрепаратів у поєднанні з фоновим удобренням, зокрема, як сидерального пару, так і за додаткового внесення гною, вихід крохмалю внаслідок зростання врожайності картоплі був значно вищим. Найбільший умовний вихід крохмалю з гектара посівів відмічено у варіантах 6 (Фон + гній 40 т/га + МікоХелп + Райс Пі) та 7 (Фон + гній 40 т/га + Бактофіт + Райс Пі). **Висновки.** Застосування біопрепаратів Фітодоктор, Бактофіт, МікоХелп, Райс Пі позитивно впливає на формування врожайності та основних якісних показників картоплі. Обробка біопрепаратами підвищила ефективність технології вирощування, забезпечивши додаткове збільшення врожайності на 11,4–16,8 т/га, товарності на 1,9–2,9%. Біохімічними аналізами встановлено, що вміст крохмалю в бульбах картоплі практично не залежав від фону живлення та застосовуваних біопрепаратів. Натомість використання біопрепаратів сприяло істотному підвищенню умовного виходу крохмалю з гектара посівів картоплі. Так, цей показник незалежно від варіанта дослідjу збільшився на 1,8–2,8 т/га порівняно з контрольним варіантом.

Ключові слова: картопля, бульби, сорт, біопрепарати, урожайність, якість, товарність.

Вступ. Картопля займає важливе місце в сільськогосподарському виробництві України. Будучи цінною продовольчою культурою, або «другим хлібом», як її називають в народі, картопля водночас є висококалорійним кормом для худоби і однією з найголовніших технічних культур, вирощуваних в країні. Вважають, що за універсальністю використання у різних галузях народного господарства з картоплею не може зрівнятися жодна сільськогосподарська культура [1].

Вживають картоплю в їжу у вареному, тушкованому, смаженому вигляді. Крохмаль картоплі легко

засвоюється, а біологічна цінність її білків вища, ніж інших культур. У бульбах багато вітамінів групи В, РР, каротиноїдів [2; 3].

За об'ємами вирощування бульб картоплі, посиляючись на базу FAOSTAT, у 2022 р. Україна утримувала третє місце у світі, але, незважаючи на великі площі насаджень, що становлять 1,7–1,8 млн га, врожайність залишається на відносно низькому рівні – 14–15 т/га. Такі показники врожайності значно поступають рівням розвинутих країн, тому значний потенціал для підвищення валових зборів

полягає у підвищенні продуктивності сортів картоплі [4].

Мета дослідження – встановити вплив біологічних препаратів на врожайність і якість картоплі, що вирощується на дерново-підзолистих супіщаних ґрунтах в умовах Південного Полісся України.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вирішення проблеми збільшення виробництва високоякісної овочевої продукції за умови збереження екологічного стану довкілля та підвищення рівня родючості ґрунтів було і залишається ключовим завданням для сільського господарства України, особливо у сучасних умовах зміни клімату. Результатами багаторічних досліджень підтверджено, що одним із високоефективних резервів підвищення урожайності, поліпшення якості та реалізації потенційної продуктивності картоплі може стати використання природної родючості ґрунту, внесення органічних добрив, застосування сидератів, підбір сівозмін і додавання біопрепаратів на основі мікроорганізмів [5].

Використання біопрепаратів позитивно впливає на стан довкілля та є важливим чинником для підвищення врожайності та якості бульб картоплі, особливо коли застосування органічних і мінеральних добрив, а також засобів захисту рослин є обмеженим [6; 7].

Перелік біотехнологічних продуктів – мікробних препаратів для рослинництва, останніми роками, значно розширився і включає створені на основі вільноживучих, асоціативних, симбіотрофних азотфіксувальних, фосфатмобілізувальних мікроорганізмів, а також препаратів бінарної дії з поєднанням різних мікроорганізмів (бактерій та грибів) [8]. Найпоширенішими мікроорганізмами, які у промислових масштабах залучають до виробництва біопрепаратів, є штами бактерій родів *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Streptomyces*, *Azotobacter* та гриби роду *Trichoderma*.

Численні дослідження свідчать, що біопрепарати істотно впливають на поширення і розвиток хвороб рослин, а також на урожай та його якість. За даними С.В. Федорук [9], серед біопрепаратів найбільш ефективним у системі захисту картоплі виявився Фітоспорин-М за застосування якого розвиток альтернаріозу зменшувався від 50 до 32,0%, а фітофторозу від 75 до 38,0%.

Дослідження О.І. Борзих, Г.М. Ткаленко, В.Г. Сергієнко [10] свідчать, що на сорті Альвара за обробки бульб біопрепаратом Серенада АСО SC, КС

урожайність картоплі була вищою, порівняно із контрольним варіантом, на 7,5 т/га, або 47,5%.

За результатами наукових праць Плотницької та ін. [11], за використання біопрепаратів урожайність зростає на 2,2–3,1 т/га, вміст сухої речовини – на 0,07–0,28%, а крохмалю – на 0,2–0,73%, порівняно з контролем.

На думку В.В. Клочко, К.О. Чугунова, Л.О. Крючкова [12], істотне підвищення врожайності бульб картоплі, пов'язано з фітозахисними та імуностимулювальними властивостями біоагентів. Бактерії індукують біологічно активні речовини, які стимулюють ріст, посилюють імунітет рослин і позитивно впливають на продуктивність культури.

Аналіз останніх досліджень дає можливість стверджувати, що використання біологічних препаратів у системі захисту картоплі від шкідливих організмів дає змогу більш ефективно розкрити біологічний потенціал рослини, а також підвищити врожайність та поліпшити товарні якості картоплі.

Матеріали та методи досліджень. Наукові дослідження проводили впродовж 2021–2023 рр. в стаціонарному досліді в чотирипільній сівозміні Інституту картоплярства НААН з таким чергуванням культур: 1) Сидеральний пар; 2) Картопля; 3) Жито озиме + післяжнивний посів сидератів; 4) Овес + післяжнивний посів сидератів.

Умови місця дослідження є типовими для поліської зони України. Ґрунт дослідної ділянки – дерново-підзолистий супіщаний, типовий для зони Полісся України. Вміст гумусу в орному шарі сягає 1,4%, азоту легкогідролізованого – 98, рухомого фосфору – 72, обмінного калію – 100 мг/кг, кальцію і магнію відповідно 4,4 та 0,5 мг/100 г ґрунту; гідролітична кислотність Нг-1,97 мг-екв/100 г; рН – 5,2. Дослід загальною площею 0,25 га було закладено в чотирьох повтореннях, розмір дослідної ділянки 60 м₂; а облікової – 36 м₂.

Схема польового досліді

1. Сидеральний пар + біоінсектицид Колорадоцид 2,5 кг/га (Фон) – контроль (без обробки біопрепаратами фунгіцидної дії в період вегетації);
2. Фон + обробка рослин у період вегетації біопрепаратом Фітодоктор 2,0 кг/га;
3. Фон + обробка рослин у період вегетації біопрепаратом МікоХелп 1,5 кг/га;
4. Фон + обробка рослин у період вегетації біопрепаратом Бактофіт 3,5 кг/га;

5. Фон + гній 40 т/га + обробка рослин у період вегетації комплексом біопрепаратів Фітодоктор 2,0 кг/га + Райс Пі 0,2 кг/га;
6. Фон + гній 40 т/га + обробка рослин у період вегетації комплексом біопрепаратів МікоХелп 1,5 кг/га + Райс Пі 0,2 кг/га;
7. Фон + гній 40 т/га + обробка рослин у період вегетації комплексом біопрепаратів Бактофіт 3,5 кг/га + Райс Пі 0,2 кг/га.

Обробка рослин в період вегетації на 2, 3, 4, 5, 6, 7 варіантах проводилась у фази: змикання міжрядь, бутонізації та цвітіння.

У дослідженні було використано середньостиглий сорт картоплі селекції Інституту картоплярства НААН Мирослава. Сорт столового призначення. Рекомендовано для вирощування в зонах Полісся та Лісостепу.

Під час досліджень робили обліки, спостереження та аналізи – згідно з методичними рекомендаціями щодо проведення досліджень із картоплею [13; 14; 15]. Облік урожаю та структуру врожаю здійснювали ваговим методом подільською. Вміст крохмалю в бульбах визначали за питомою масою на вагах Парова [14]. Умовний вихід (збір) крохмалю у перерахунку на гектар визначали за формулою:

$$Z_{кр} = (Y * K) / 100,$$

де $Z_{кр}$ – збір крохмалю, т/га;

Y – товарний урожай бульб, т/га;

K – вміст крохмалю в бульбах, % [15].

Результати дослідження були оброблені статистичними методами (дисперсійний, регресійний та кореляційний) на комп'ютері з використанням програми Microsoft Excel.

Результати та їх обговорення. Урожайність картоплі є визначальним критерієм ефективності

елементів технології вирощування рослин у польових умовах. Наші дослідження показали, що врожайність картоплі значною мірою залежала від фону живлення, застосування біопрепаратів, а також погодних умов року (табл. 1).

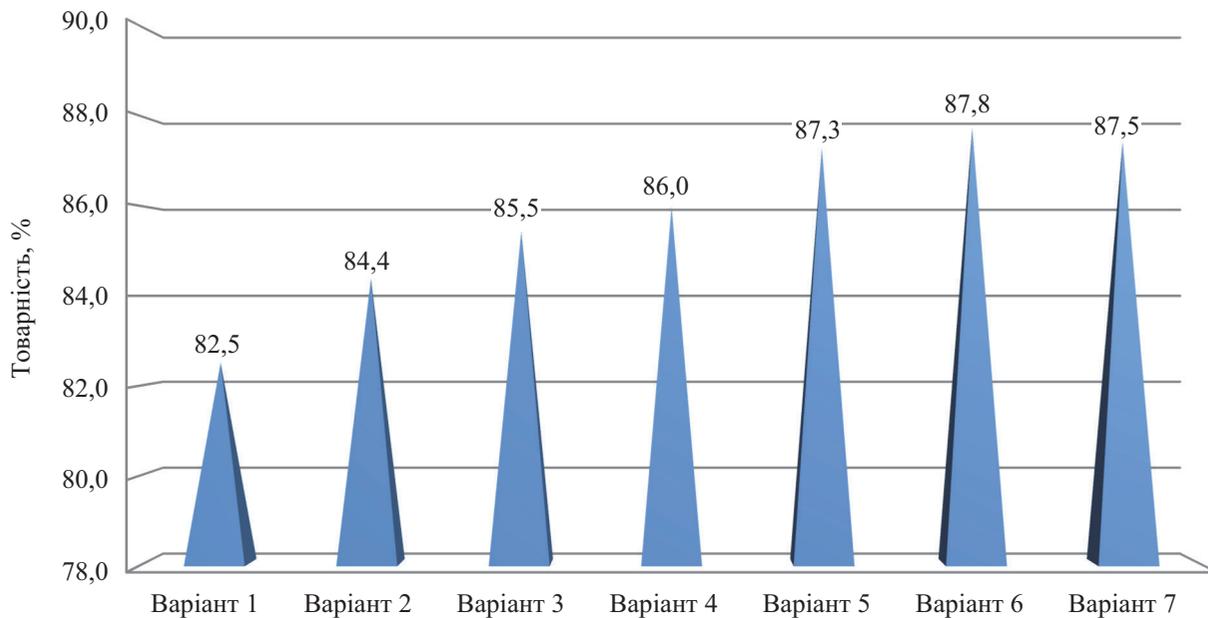
У розрізі років проведення досліджень урожайність картоплі змінювалась у достатньо широких межах. Найвища врожайність картоплі за три роки досліджень була у 2022 р. (від 22,7 т/га – варіант 1 до 40,5 т/га – варіант 7), а найнижча у несприятливий за гідротермічним режимом умовах 2023 р. (ГТК=0,58) (від 17,8 т/га – варіант 1 до 31,8 т/га – варіант 7).

Впровадження у технологію вирощування картоплі біопрепаратів із фунгіцидною дією мало позитивний вплив на формування врожайності. Так, середня врожайність сорту Мирослава, за варіантами досліду коливалася від 20,0 до 36,8 т/га. Найнижчий рівень врожайності відмічено в контрольному варіанті (20,0 т/га), що пояснюється недостатньою кількістю як поживних речовин, так і погіршенням фітосанітарного стану посівів. Застосування біопрепаратів на фоні сидерального пару (варіанти 2, 3, 4) сприяло істотному збільшенню врожайності на 11,4–13,6 т/га при ($НІР_{05} = 2,7$ т/га). Найвищі рівні врожайності відмічено у варіантах із використанням біопрепаратів МікоХелп та Бактофіт, де врожайність становила 33,0 та 33,6 т/га відповідно, що на 13,0–13,6 т/га більше за контрольний варіант.

Незалежно від ґрунтово-кліматичних умов та зон вирощування, картопля вибаглива до агрофізичного стану ґрунту і потребує високих агрофонів. Тому, застосування добрив є ключовою умовою одержання сталих урожаїв відповідної якості [16; 17]. Найбільш ефективним органічним добривом для картоплі є гній.

Таблиця 1. Урожайність бульб картоплі залежно від біопрепаратів та внесених органічних добрив, т/га

№	Зміст варіантів	Роки			Середнє, т/га	Приріст, т/га
		2021	2022	2023		
1	Сидеральний пар + Колорадоцид (Фон) – контроль	19,5	22,7	17,8	20,0	–
2	Фон + Фітодоктор	31,1	35,3	27,7	31,4	11,4
3	Фон + МікоХелп	34,2	36,7	28,2	33,0	13,0
4	Фон + Бактофіт	34,8	37,0	29,1	33,6	13,6
5	Фон + гній 40 т/га + Фітодоктор + Райс Пі	38,9	37,8	29,7	35,5	15,5
6	Фон + гній 40 т/га + МікоХелп + Райс Пі	40,4	39,2	30,8	36,8	16,8
7	Фон + гній 40 т/га + Бактофіт + Райс Пі	37,8	40,5	31,8	36,7	16,7
	$НІР_{05}$	1,2	2,6	1,1	2,7	–



Товарність бульб картоплі залежно від обробки біопрепаратами за органічного вирощування, % (середнє за 2021–2023 рр.)

Примітка. 1. Сидеральний пар + Колорадоцид (Фон) – контроль; 2. Фон + Фітодоктор; 3. Фон + МікоХелп; 4. Фон + Бактофіт; 5. Фон + гній 40 т/га + Фітодоктор + Райс Пі; 6. Фон + гній 40 т/га + МікоХелп + Райс Пі; 7. Фон + гній 40 т/га + Бактофіт + Райс Пі.

Як свідчать результати досліджень, додаткове внесення 40 т/га гною на фоні сидерального пару, забезпечувало збільшення врожайності картоплі на 15,5–16,8 т/га порівняно з контролем. Найвищу врожайність отримано у варіантах 6 (Фон + гній 40 т/га + МікоХелп + Райс Пі) та 7 (Фон + гній 40 т/га + Бактофіт + Райс Пі), в яких вона була на рівні 36,8 та 36,7 т/га (різниця порівняно з контролем сягала 16,8 і 16,7 т/га, відповідно).

Важливе значення для якості одержаного врожаю має відсоток товарних бульб. Аналіз товарності засвідчив, що застосування біопрепаратів на фоні сидерального пару (2, 3, 4-й варіанти) впливало на величину товарності (рис.). У середньому за три роки дослідження найвищою товарністю характеризувався варіант, де застосовували біопрепарат Бактофіт – 86%, що на 3,5% більше порівняно з контрольним варіантом, де товарність була найменшою – 82,5%. Використання біопрепаратів МікоХелп та Фітодоктор збільшувало цей показник на 3,0 і 1,9%, відповідно.

Додаткове внесення органічних добрив та мікробіологічного препарату Райс Пі впродовж вегетації веде до підвищення товарності бульб. Так, у варіанті 6 Фон + внесення гною 40 т/га + обробка рослин комплексом біопрепаратів МікоХелп та Райс Пі було зафіксовано максимальну товарність бульб – 87,8%, що вище контрольного варіанта на 5,3%.

Основна складова сухої речовини – крохмаль, що є головним продуктом, по вмісту якого оцінюється, поживна цінність бульб картоплі. Він накопичується у вигляді зерен різних розмірів. Крохмалистість бульб обумовлюється кліматичними умовами, сортовими особливостями, ураженням рослин у період вегетації шкідниками та хворобами, а також технологією вирощування.

На крохмалистість впливає тип ґрунту, рівень його родючості, кількість внесених мінеральних чи органічних добрив. Дослідженнями, проведеними в різних ґрунтово-кліматичних умовах, доведено, що добрива, сприяючи підвищенню врожайності, одночасно можуть поліпшувати [18; 19] або погіршувати [20–22] якість бульб.

Як встановлено нашими дослідженнями, внесення органічних добрив і застосування біопрепаратів, не мали істотного впливу на якість бульб картоплі (при $НІР_{05} = 0,6$). Так, застосування біопрепаратів Фітодоктор та Бактофіт на фоні сидерального пару збільшило вміст крохмалю з 17,5 (у контрольному варіанті) до 17,7% (на 0,2%), тоді як застосування МікоХелп не сприяло підвищенню цього показника (табл. 2).

Використання біопрепаратів на фоні додаткового внесення гною та препарату Райс Пі дещо підвищувало вміст крохмалю в бульбах (на 0,2–0,4%). Найбільш

Таблиця 2. Вплив біопрепаратів та органічних добрив на вміст крохмалю у бульбах картоплі та його умовний вихід (середнє за 2021–2023 рр.)

№	Зміст варіантів	Вміст крохмалю, %	Умовний вихід крохмалю, т/га
1	Сидеральний пар + Колорадоцид (Фон) – контроль	17,5	2,9
2	Фон + Фітодоктор	17,7	4,7
3	Фон + МікоХелп	17,5	4,9
4	Фон + Бактофіт	17,7	5,1
5	Фон + гній 40 т/га + Фітодоктор + Райс Пі	17,9	5,5
6	Фон + гній 40 т/га + МікоХелп + Райс Пі	17,8	5,7
7	Фон + гній 40 т/га + Бактофіт + Райс Пі	17,7	5,7
	НІР ₀₅	0,6	1,5

ефективним був варіант 5 (Фон + гній 40 т/га + Фітодоктор + Райс Пі).

За рахунок збільшення врожайності та незначного підвищення вмісту крохмалю в бульбах, відповідно збільшився і збір крохмалю з 1 га. Наведені дані вказують на істотне збільшення умовного виходу крохмалю у всіх досліджуваних варіантах, порівняно з контролем. Максимальною мірою цей показник зростав у варіантах з додатковим внесенням гною та обробкою рослин картоплі комплексом біопрепаратів (5, 6, 7 варіанти). Так, умовний вихід крохмалю у цих варіантах збільшувався на 2,6–2,8 т/га, порівняно з контрольним варіантом. Найбільшим умовний вихід крохмалю з гектара відмічено у варіантах 6 і 7, де він становив – 5,7 т/га.

У результаті проведеного нами кореляційного аналізу встановлено прямий і дуже високий зв'язок між виходом крохмалю і урожайністю бульб ($r=0,99$). Прямий і високої сили зв'язок між виходом крохмалю і вмістом крохмалю в бульбах ($r=0,70$). Тому, величина виходу (збору) крохмалю з одиниці площі більшою мірою залежить від сформованої врожайності (98%) ніж від крохмалистості бульб (49%).

Висновки

У ґрунтово-кліматичних умовах Південного Полісся України використання біологічних прийомів вирощування картоплі сорту Мирослава позитивно впливає на формування врожайності картоплі з високими показниками якості та товарності продукції. Найвищі показники урожайності та товарності бульб в роки проведення досліджень, відмічено у варіантах досліду, в яких на фоні сидерального пару вносили гній та застосовували комбіноване використання препарату Райс Пі з біофунгіцидами МікоХелп (варіант 6) та Бактофіт (варіант 7).

Встановлено, що внесення органічних добрив та застосування біопрепаратів істотно не впливало на якісні показники картоплі. Найвищий вміст крохмалю відмічено на варіанті 5 з внесенням гною та комбінованим використанням біопрепаратів Фітодоктор + Райс Пі, на рівні 17,9%.

Досліджено, що застосування біопрепаратів на фоні сидерального пару сприяло підвищенню умовного виходу крохмалю з гектара насаджень картоплі. Так, цей показник у цих варіантах досліду збільшився на 1,8–2,2 т/га, порівняно з контрольним варіантом. За додаткового внесення гною та обробки рослин комплексом біопрепаратів (варіанти 5, 6 та 7) умовний вихід крохмалю зростав від 2,6 до 2,8 т/га.

ЛІТЕРАТУРА

- Федосій І.О., Комар О.О., Фурдига М.М., Захарчук Н.А. Картоплярство: навчальний посібник. Київ: ФОП Ямчинський, 2022. 382 с.
- Артюх Т.М., Безсмертна О.В., Мельник Д.В. Проблеми та перспективи розвитку ринку картоплі в Україні з врахуванням зональної спеціалізації галузі. *Економіка та суспільство*. 2022. № 39. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2022-39-54>.
- Семенчук В.Г. Продуктивність картоплі залежно від застосування регулятора росту рослин Агат-25к. *Захист і карантин рослин*. 2018. Вип 64, С. 162–165.
- Ховзун Р.В. Вплив біостимуляторів росту на розвиток картоплі. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія «Агронімія і біологія»*. 2024. Вип. 3 (57), С. 92–98.
- Анішин Л.А. Вплив біостимуляторів на урожай і якість картоплі. *Картопляр*. 2002. № 1. С. 4–5.
- Ардапов П., Лященко С., Подоліч О. Застосування ендоефітних бактерій для адаптації рослин картоплі *in vitro* до умов *ex vitro* з метою захисту посадкового матеріалу від фітопатогенів. *Наука і інновації*. 2010. Т. 6, № 6. С. 51–55.
- Подоліч О.В., Литвиненко Т.Л., Вознюк Т.М. Виявлення угруповань ендоефітних бактерій в асептичних рослинах картоплі після інокуляції

- Pseudomonas* sp. *Науковий вісник Ужгородського університету*. 2006. № 18. С. 165–170.
8. Pusenkova A.I., Lastochkina O.V., Maksimov I.V., Leonova S.A., П'ясова Е.Ю. Changes in the species composition of the rhizosphere and phyllosphere of sugar beet under the impact of biological preparations based on endophytic bacteria and their metabolites. *Eurasian Soil Science*. 2016. № 49. P. 1136–1144. DOI: 10.1134/S1064229316100112.
 9. Федорчук С.В. Ефективність регуляторів росту, хімічних і біологічних препаратів проти *Alternaria solani* та *Phytophthora infestans* картоплі. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. Вип. 2. 2017. С. 116–123
 10. Борзих О.І., Ткаленко Г.М., Сергієнко В.Г. Вплив комплексного застосування біологічних і хімічних препаратів на розвиток хвороб та врожайність картоплі. *Вісник аграрної науки*. 2021. № 8. С. 15–25. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202108-02>.
 11. Плотницька Н.М., Невмержицька О.М., Гурманчук О.В., Карпов О.В., Невідомський Р.В. Ефективність біологічних препаратів проти мікозів картоплі. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*. 2024. Вип. 4 (45). С. 45–49 DOI: <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2024-4.6>.
 12. Клочко В.В., Чугунова К.О., Крючкова Л.О., Бондар Т.І., Федоренко С.В., Авдєєва Л.В. Біологічно активні метаболіти штаму *Pseudomonas* sp. 2303 – інгібітори фітопатогенів і стимулятори росту рослин. *Мікробіологічний журнал*. 2018. Т. 80. № 2. С. 67–79. DOI: 10.15407/microbiolj80.02.067.
 13. Бондарчук А. А., Колтунов В. А., Олійник Т.М. та ін. Картоплярство: *Методика дослідної справи*. За редакцією А.А. Бондарчука, В.А. Колтунова. Вінниця: ТОВ «ТВОРИ», 2019. 652 с.
 14. Кононученко В.В. Методичні рекомендації щодо проведення досліджень з картоплею. Немішаєво, 2002. 184 с.
 15. Методика проведення експертизи сортів рослин картоплі та груп овочевих, баштанних, пряно-смакових на придатність до поширення в Україні (ПСП). За ред. Ткачика С.О. Вінниця: ФОП Корзун. 2017. С. 6–9. URL: <https://sops.gov.ua/uploads/page/5a5f415f5df23.pdf>.
 16. Поліщук В.О., Журавель С.В., Кравчук М.М., Залевський Р.А. Ефективність рідких комплексних добрив за різних систем удобрення картоплі в умовах Полісся України. *Наукові горизонти*. 2020. № 08 (93). С. 141–148.
 17. Кравчук М.М., Кропивницький Р. Б., Андріяш В.В., Климчук В.В., Мисько К. В. Зміна агрофізичних показників ґрунту та продуктивності картоплі за ґрунтозахисних агротехнологій. *Наукові горизонти*. 2019. № 11. С. 61–68.
 18. Фурман В.М., Мороз О.С., Люсак А.В., Солодка Т.М. Вивчення реакції картоплі на використання сидератів і соломи в якості добрив. *Таврійський науковий вісник*. Серія: Сільськогосподарські науки. Херсонський державний аграрно-економічний університет. Одеса: Видавничий дім «Гельветика», 2023. Вип. 129. С. 153–159.
 19. Бикін А.В., Панчук Т.В. Показники якості бульб картоплі за локального внесення мінеральних добрив. *Таврійський науковий вісник*. Вип. 126, Херсон. Видавничий дім «Гельветика», 2022. С. 9–15.
 20. Petropoulos S.A. et al. The Impact of Fertilization Regime on the Crop Performance and Chemical Composition of Potato (*Solanum tuberosum* L.) Cultivated in Central Greece. *Agronomy*. 2020. Vol. 10, no. 4. P. 474. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy10040474>.
 21. М'ялковський Р.О. Вплив добрив на продуктивність бульб картоплі в умовах Правобережного Лісостепу України. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2017. № 4. С. 56–58.
 22. Матвійчук Б.В., Орловський М.Й. Характеристика бульб картоплі за різних систем удобрення в умовах Полісся. *Збірник наукових праць Національного наукового центру «Інститут землеробства НААН»* (4). 2017. С. 91–99.

REFERENCES

1. Fedosiy I.O., Komar O.O., Furdyha M.M., & Zakharchuk N.A. (2022). *Kartoplyarstvo: navchalniy posibnyk*. Kyiv: FOP Yamchynskyy, 382 p. [in Ukrainian].
2. Artiukh T.M., Bezsmertna O.V., & Melnyk D.V. (2022). Problemy ta perspektyvy rozvytku rynku kartopli v Ukraini z vrakhuvanniam zonalnoi spetsializatsii haluzi. *Ekonomika ta suspilstvo*, 39. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2022-39-54> [in Ukrainian].
3. Semenchuk V.H. (2018). Produktyvniest kartopli zalezno vid zastosuvannia rehuliatora rostu roslyn Ahat-25k. *Zakhyst i karantyn roslyn*, 64, 162–165 [in Ukrainian].
4. Khovzun R.V. (2024). Vplyv biostymulatoriv rostu na rozvytok kartopli. *Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Seriiia «Ahronomiia i biolohiia»*, 3 (57), 92–98 [in Ukrainian].
5. Anishyn L.A. (2002). Vplyv biostymulatoriv na urozhai i yakist kartopli. *Kartopliar*, 1, 4–5 [in Ukrainian].
6. Ardapov P., Liashchenko S., & Podolich O. (2010). Zastosuvannia endofitnykh bakterii dlia adaptatsii

- roslyn kartopli in vitro do umov ex vitro z metoiu zakhystu posadkovoho materialu vid fitopatohenu. *Nauka i innovatsii*, 6, 51–55 [in Ukrainian].
7. Podolich O.V., Lytvynenko T.L., & Vozniuk T.M. (2006). Vyavlennia uhrupovan endofitnykh bakterii v aseptychnykh roslynakh kartopli pislia inokuliatsii *Pseudomonas* sp. *Naukovyi visnyk Uzhhorodskoho universytetu*, 18, 165–170 [in Ukrainian].
 8. Pusenkova A.I., Lastochkina O.V., Maksimov I.V., Leonova S.A., & Il'yasova E.Yu. (2016). Changes in the species composition of the rhizosphere and phyllosphere of sugar beet under the impact of biological preparations based on endophytic bacteria and their metabolites. *Eurasian Soil Sc.*, 49, 1136–1144 [in English].
 9. Fedorchuk S.V. (2017). Efektyvnist rehulatoriv rostu, khimichnykh i biolohichnykh preparativ proty *Alternaria solani* ta *Phytophthora infestans* kartopli. *Visnyk ahrarynoi nauky Prychornomia*, 2, 116–123 [in Ukrainian].
 10. Borzykh O.I., Tkalenko H.M., Serhienko V.H. (2021). Vplyv kompleksnoho zastosuvannia biolohichnykh i khimichnykh preparativ na rozvytok khvorob ta vrozhainist kartopli. *Visnyk ahrarynoi nauky*, 8, 15–25. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202108-02> [in Ukrainian].
 11. Plotnytska N.M., Nevmerzhytska O.M., Hurmanchuk O.V., Karpov O.V., Nevidomskiy R.V. (2024). Efektyvnist biolohichnykh preparativ proty mikozyv kartopli. *Podilskyi visnyk: silske hospodarstvo, tekhnika, ekonomika*, 4 (45), 45–49. DOI: <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2024-4.6> [in Ukrainian].
 12. Klochko V.V., Chuhunova K.O., Kriuchkova L.O., Bondar T.I., Fedorenko S.V., Avdieieva L.V. (2018). Biolohichno aktyvni metabolity shtamu *Pseudomonas* sp. 2303 — inhibitory fitopatohenu i stymuliatory rostu roslyn. *Mikrobiolohichni zhurnal*, 80, 2, 67–79. DOI: [10.15407/microbiolj80.02.067](https://doi.org/10.15407/microbiolj80.02.067).
 13. Bondarchuk A.A., Koltunov V.A., Oliynyk T.M., Furdyha M.M., Vyshnevskaya O.V., Osypchuk A.A. ... Zakharchuk N.A. (2019). Kartoplyarstvo: Metodyka doslidnoyi spravy. Vinnytsya: TOV «Tvory», 652 p. [in Ukrainian].
 14. Kononuchenko V.V. (2002). Metodychni rekomendatsii shchodo provedennia doslidzhen z kartopleiu. Nemishaieve, 184 p. [in Ukrainian].
 15. Metodyka provedennia ekspertyzy sortiv roslyn kartopli ta hrup ovochevykh, bashtannykh, priano-smakovykh na prydatnist do poshyrennia v Ukraini. (PSP). (2017). Za red. Tkachyuka S.O. Vinnytsia: FOP Korzun. P. 6–9. DOI: <https://sops.gov.ua/uploads/page/5a5f415f5df23.pdf> [in Ukrainian].
 16. Polishchuk V.O., Zhuravel S.V., Kravchuk M.M., & Zalevskiy R.A. (2020). Efektyvnist ridkykh kompleksnykh dobryv za riznykh system udobrennia kartopli v umovakh Polissia Ukrainy. *Naukovi horyzonty*, 08 (93), 141–148 [in Ukrainian].
 17. Kravchuk M.M., Kropyvnytskyi R. B., Andriiash V.V., Klymchuk V.V., & Mysko K.V. (2019). Zmina ahrofizychnykh pokaznykiv gruntu ta produktyvnosti kartopli za gruntozakhysnykh ahrotekhnolohii. *Naukovi horyzonty*, 11, 61–68 [in Ukrainian].
 18. Furman V.M., Moroz O.S., Liusak A.V., & Solodka T.M. (2023). Vychennia reaktsii kartopli na vykorystannia syderativ i solomy v yakosti dobryv. *Tavriiskyi naukovyi visnyk. Seriya: Silskohospodarski nauky. Khersonskiy derzhavnyi ahraryno-ekonomichniy universytet*, 129, 153–159 [in Ukrainian].
 19. Bykin A.V., Panchuk T.V. (2022). Pokaznyky yakosti bulb kartopli za lokalnoho vnesennia mineralnykh dobryv. *Tavriiskyi naukovyi visnyk*, 126, 9–15 [in Ukrainian].
 20. Petropoulos S.A. et al. (2020). The Impact of Fertilization Regime on the Crop Performance and Chemical Composition of Potato (*Solanum tuberosum* L.) Cultivated in Central Greece. *Agronomy*, 10, 4, 474. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy10040474>.
 21. Mialkovskiy R.O. (2017). Vplyv dobryv na produktyvnist bulb kartopli v umovakh Pravoberezhnoho Lisostepu Ukrainy. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarynoi akademii*, 4, 56–58 [in Ukrainian].
 22. Matviichuk B.V. Orlovskiy M.I. (2017). Kharakterystyka bulb kartopli za riznykh system udobrennia v umovakh Polissia. *Zbirnyk naukovykh prats Natsionalnoho naukovoho tsentru «Instytut zemlerobstva NAAN»* (4), 91–99 [in Ukrainian].

Yamkoviy V.Y., Podberezko I.M., Furdyha M.M.

The influence of biological preparations on the yield and quality indicators of potato tubers in the Southern Polissya of Ukraine

Aim. To determine the influence of biological preparations in biologized cultivation technology on the yield, quality and marketability of potato products in the conditions of Polissya of Ukraine. **Methods.** Field, laboratory, measuring-weighing, calculation, statistical. **Results.** It was found that the lowest values of yield and marketability of tubers were noted in the control variant (1), and the use of biological products led to an increase in the above

indicators in all variants of the experiment. The highest values of yield and marketability of tubers in the years of research were noted in variants 6 (Background + manure 40 t/ha + MycoHelp + Rice P) and 7 (Background + manure 40 t/ha + Bactofit + Rice P). The starch content in the tubers, on average over the years of research, was 17.5–17.9%. It should be noted that in the control variants, the starch content in tubers was slightly lower than in the variants where biological products were used against the background of green manure and additional manure application. The use of biological products increased the starch content in tubers by 0.2–0.4%. The most effective was variant 5 (Background + manure 40 t/ha + Phytodoctor + Rice P). Despite the slightly increased starch content in the variants using biological products in combination with background fertilization, in particular, both green manure and additional manure application, the starch yield due to the increase in potato yield was significantly higher. The highest conditional yield of starch per hectare of crops was observed in variants 6 (Background + manure 40 t/ha + MikoHelp + Rice P) and 7 (Background + manure 40 t/ha + Bactofit + Rice P). **Conclusions.** The use of biological products such as Phytodoctor, Bactofit, MycoHelp, and Rice P has a positive effect on the formation of yield and key quality indicators of potatoes. Treatment with biological products increased the efficiency of cultivation technology, providing an additional increase in yield by 11.4–16.8 t/ha, and marketability by 1.9–2.9%. Biochemical analyzes showed that the starch content in potato tubers was practically independent of the nutritional background and the biological products used. Instead, the use of biological products contributed to a significant increase in the conditional yield of starch per hectare of potato crops. Thus, this indicator, regardless of the experimental variant, increased by 1.8–2.8 t/ha compared to the control variant.

Key words: potatoes, tubers, variety, biological products, yield, quality, marketability.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Ямковий В.Ю., кандидат сільськогосподарських наук, в.о. завідувача відділу селекції та генетичних ресурсів, Інститут картоплярства НААН, e-mail: yamkovuy@ukr.net, ORCID: 0000-0001-9107-2250.

Подберезко І.М., завідувач лабораторії імунітету та захисту рослин, Інститут картоплярства НААН, e-mail: zachystroslyn@gmail.com, ORCID: 0000-0002-4975-2989.

Yamkovyi V.Y., Candidate of Agricultural Sciences, the Institute for Potato Research NAAS, e-mail: yamkovuy@ukr.net, ORCID: 0000-0001-9107-2250.

Podberezko I.M., head of the laboratory of immunity and plant protection, the Institute for Potato Research NAAS, e-mail: super.irina077@ukr.net, ORCID:0000-0002-4975-2989.

Фурдыга М.М., директор, кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, Інститут картоплярства НААН, e-mail: zachystroslyn@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-9398-0487.

Furdyha M.M., director, Candidate of Agricultural Sciences, senior researcher, the Institute for Potato Research NAAS, e-mail: zachystroslyn@gmail.com, ORCID: 0000-0002-9398-0487.

Надійшла 11.02.2025

ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ КВАСОЛІ ЗА ОРГАНІЧНОЇ СИСТЕМИ ЗЕМЛЕРОБСТВА

С.П. Дворецька, О.Г. Любчич, М.І. Шевчук

ННЦ «ІЗ НААН» (с-ще Чабани, Україна)

Мета. Визначити вплив комплексного застосування доз та строків внесення препарату удобрювальної дії, оброблення насіння азотфіксувальними бактеріями БТУр за вирощування квасолі на фоні чорного пару, сидератів або побічної продукції попередника та встановити особливості формування елементів продуктивності культури у системі органічного землеробства в умовах Правобережного Лісостепу. **Методи.** Польовий, лабораторно-аналітичний, розрахунковий, статистичний. **Результати.** За результатами досліджень, проведених у 2016–2020 рр., виявлено високу ефективність вирощування квасолі на фоні застосування в якості удобрення побічної продукції попередника (солома гречки), що дало змогу додатково отримати 0,46–0,61 т/га зерна. Інокулювання насіння препаратом на основі симбіотичних азотфіксувальних бактерій залежно від попередника забезпечило приріст урожаю на рівні 0,21–0,54 т/га. Передпосівне оброблення насіння препаратом Гумат-гель у комплексі із позакореневим обприскуванням посівів у критичні періоди онтогенезу збільшувало врожайність на 0,27–0,92 т/га, або на 27,8–94,8% залежно від кратності обробок. За вирощування квасолі на фоні чорного пару висота рослин варіювала в межах від 32,9 см до 39,7 см, на фоні сидерату – від 34,0 см до 43,8 см, на фоні побічної продукції попередника – від 35,1 см до 43,1 см. Площа листкової поверхні залежно комплексного впливу попередника та варіантів застосування біопрепаратів змінювалася в межах від 305 см²/росл. до 409 см²/росл., а суха маса рослини – від 7,82 г до 10,85 г. **Висновки.** Доведена доцільність комплексного застосування у технології вирощування квасолі в системі органічного землеробства таких елементів, а саме: вирощування культури на фоні сидерального пару і оброблення насіння посівів препаратом біологічного походження стимулювальної та удобрювальної дії. Оптимальним поєднанням експериментальних елементів у органічній технології вирощування квасолі є висівання культури на фоні побічної продукції попередника насінням, обробленим препаратом Гумат-гель (1 л/т) у поєднанні із чотириразовою позакореневою обробкою посівів (по 1 л/га) у фази гілкування, бутонізації, цвітіння та наливу бобів. Таке поєднання елементів у єдиному технологічному циклі в середньому за роки досліджень забезпечило висоту рослин на рівні 43,1 см, площу листкової поверхні – 409 см²/росл. та масу сухої речовини – 10,85 г/росл. До того ж урожайність культури становила 1,89 т/га за рентабельності виробництва – 241%.

Ключові слова: біопрепарати, обробка насіння, побічна продукція, попередник, сидерат, урожайність.

Вступ. Як відомо, метою ведення органічного землеробства є створення екологічно стійких та стабільних агроєкосистем задля раціонального використання природних ресурсів, збереження біорізноманіття, одержання рослинницької продукції підвищеної якості. Значною мірою це стосується бобових культур, як-от горох польовий (*Pisum sativum* L.) і квасоля (*Phaseolus vulgaris* L.). Обидві багаті на вміст рослинних білків, кількість яких поступається лише таким у сої (*Glycinemax* (L.) Merr.), що робить їх

перспективним джерелом заміщення соєвих бобів у раціоні як людини, так і тварин. Завдяки регіональній доступності та через можливість внаслідок цього уникнення дорогоцінної довгострокової логістики імпорту соєвих продуктів, площі вирощування гороху польового і квасолі набувають дедалі більшого відродження як по всій Європі [10], так і в Україні.

У різноманітних технологіях вирощування бобових низка екологічних, генетичних, агротехнічних чинників може впливати на кількісний та якісний

склад одержаної рослинницької продукції. Зокрема показано, що вміст рослинних білків зазвичай вищий за більш високих температур упродовж вегетації, помірної посушливості, культивування озимих сортів та за використання традиційної технології вирощування [15; 14; 10].

Останнє вказує на існуючі проблеми в технологіях органічного вирощування бобових культур, що пов'язані з перебудовою основних ланок технологічного процесу, насамперед – виключення засобів хімізації, як-от: внесення мінеральних добрив, протруювання насіння та боротьби з бур'янами, хворобами і шкідниками [1;4].

Мета наших досліджень – визначення ефективності використання сидератів, побічної продукції рослинництва та гумату калію за додаткового оброблення насіння азотфіксувальними бактеріями в технологіях вирощування зернобобових культур (квасолі) у системах органічного землеробства.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Альтернативним підходом може бути широке використання органічних добрив, як-от гній, осад стічних вод, компост, тощо. Однак вони зазвичай спричинюють короточасні зміни властивостей ґрунту через швидку мінералізацію органічної речовини за посушливих умов ґрунту та втрати органічної речовини – через вимивання та випаровування [14].

Утім збільшити родючість ґрунту можна за використання сидератів (зелених добрив), внесення яких підвищує зв'язність ґрунту, поліпшує водний режим, підсилює життєдіяльність ґрунтових мікроорганізмів та зменшує забур'яненість полів [3; 17; 16].

Не менш важливу роль у регулюванні балансу органічної речовини у ґрунті може відігравати й використання побічної продукції рослинництва. Значення соломи обумовлюється тим, що вона містить близько 85% сухої речовини і виконує важливу функцію у регулюванні балансу органічної речовини у ґрунті. Зокрема, показано, що за внесення соломи у ґрунт, приблизно 80% винесеного калію та 20% фосфору повертаються до нього. Крім того, калій та значна частина фосфору знаходяться у формах, які легкодоступні для рослин, тоді як вміст і доступність азоту є низькими, і навіть від'ємними на початкових стадіях розкладу соломи. Разом із тим, за належного дискування поля 80% соломи розподіляється у верхньому (0–10 см) шарі ґрунту, а 20% залишається на поверхні, що створює сприятливі умови для інфільтрації

літніх та осінніх опадів, а також для проростання насіння [1; 3; 12; 6].

Загалом сидерати та побічна продукція попередника розглядаються не лише як важливий ланцюг екологізації, а й енергозбереження у технологіях вирощування сільськогосподарських культур, адже їхнє використання зменшує невиробничі витрати вологи й поживних речовин, пригнічує засміченість полів та знижує затрати на обробіток ґрунту [1; 2; 12].

Також посилити позитивні процеси відновлення родючості ґрунтів можна шляхом використання мікробіологічних препаратів цільового призначення, передусім на основі симбіотичних та асоціативних мікроорганізмів. Бобові культури здатні накопичувати білок і формувати врожай способом фіксації азоту бульбочковими бактеріями – без застосування або з обмеженим внесенням мінеральних азотних добрив. До того ж збільшення врожаю з застосуванням інокулянта стабільно підвищує вміст білка в урожаї майже 3%. Додатково вони можуть залишатися в ґрунті в середньому 30–50 кг/га азоту (д. р.), і є ідеальним попередником зернових. Однак ці умови здійснені тільки в разі інокуляції насіння азотфіксувальними бактеріями. Останнім часом, буває, чуємо, що немає особливої потреби інокулювати насіння бобових, бо в наших ґрунтах досить аборигенних штамів азотфіксувальних бактерій *Rhizobium leguminosarum*. Так, мабуть, 20 років тому гострої нестачі в інокуляції не було, тому що сівозміни були насичені горохом, кормовими зерносумішами з викою, чиною, сочевицею. Однак наразі через інтенсифікацію виробництва, збільшення хімічного навантаження на ґрунтову біоту, брак кормових сівозмін настало зменшення або повне зникнення в ґрунті азотфіксувальних бульбочкових бактерій. Тому, зважаючи на вигідність інокулянта, краще насіння проінокулювати й одержати гарантований результат, а особливо за вирощування бобових за органічної системи землеробства [12; 6; 9].

Зокрема, доведено, що цілком придатними і такими, що задовольняє вимоги органічного землеробства, є внесення у ґрунт і на рослини препаратів біологічного походження. До них передусім належать гумати (Na, K, Ca, NH₄). Джерелом їхнього синтезу слугують рослинні рештки, а також продукти життєдіяльності ґрунтової мікрофлори (Драган та ін., 2011). Тому вони вважаються акумуляторами органічної речовини ґрунту – амінокислот, вуглеводів, біологічно активних речовин і лігніну. Крім

того, вони містять азот, фосфор, калій і кальцій, а також низку мікроелементів (залізо, цинк, марганець, молібден) [4; 18].

Гумати мають здатність утворювати комплекси з мінеральними частинками ґрунту, що сприяє стабілізації ґрунтової структури та підвищенню її роздрібнення. Це поліпшує повітропроникність та водопроникність ґрунту, забезпечує кращі умови для росту кореневої системи рослин. А здатність гуматів затримувати та утримувати вологу в ґрунті допомагає зменшити випаровування та витрати на полив, забезпечуючи більш ефективне використання водних ресурсів. Разом із тим, гумати зазвичай не містять значних концентрацій макроелементів, як-от азот, фосфор та калій. Тому, вони не можуть повністю замінити традиційні мінеральні добрива для задоволення потреб рослин у них [4].

Утім, основною проблемою за органічного вирощування сільськогосподарської продукції буде захист рослин від шкідників та хвороб, тому що за такого вирощування виключається застосування пестицидів. Як стверджує В.Ф.Камінський, за формування засад біологічного землеробства, у системі захисту рослин провідне місце набуватиме використання захисної ролі агротехнічних прийомів, більшість яких спрямована на створення оптимальних умов для росту й розвитку рослин, що сприятиме підвищенню стійкості їх до бур'янів, шкідників і хвороб [9; 11].

Наведені дані засвідчують необхідність пошуку комплексного підходу до вирішення проблеми збереження та підвищення родючості ґрунтів, який може полягати у поєднанні різних практик, як-то введення сидеральних культур у сівозміну, використання побічної продукції рослинництва, застосування активних штамів азотфіксувальних і фосформобілізуючих бактерій, біологічних засобів захисту рослин та вирощування стійких (толерантних) перспективних сортів, тощо.

Матеріали та методи досліджень. Дослідження з квасолею проводились у польовому багатofакторному довгостроковому досліді ННЦ «ІЗ НААН» на сірому лісовому легкосуглинковому ґрунті. Вміст гумусу в 0–30 см шарі ґрунту становить (за Тюрінім) – 1,1–1,3%, легкогідролізованого азоту – 6,0–6,5 мг/100 г, рухомого фосфору – 11,4–12,6, обмінного калію – 8–10 мг/100 г ґрунту, $pH_{\text{сол.}}$ – 5,4–5,6. Предмет досліджень – сорт квасолі Перлина. Наукові дослідження з розроблення нових елементів технологій вирощування квасолі (сорт Перлина) були

спрямовані на вивчення впливу Гумат-гель, сидератів (гірчиця), післядії соломи зернових культур (гречка), та обробки насіння азотфіксувальними бактеріями на продуктивність культури.

Після збирання попередника (ячмінь) робили дискування на глибину 10–12 см, з наступною полицевою оранкою на глибину 20–22 см.

Ранньовесняний обробіток ґрунту зводився до вирівнювання ґрунту та передпосівної культивування. Сівбу виконували сівалкою СН16 з міжряддями 45 см в оптимальні строки, за настання фізичної стиглості ґрунту.

Норма висіву насіння становила 450 млн/га. Гумат-гель (гумінові кислоти – 60%, фульвові кислоти – 40%) використовували для обробки насіння (під час сівби з розрахунку на 1л/т насіння (робочий розчин 10 мл. Гумат-гель на 100 мл води) та внесення у вигляді позакореневого підживлення на відповідних етапах органогенезу рослин: у фазі двох трійчастих листків у фазі гілкування; у фазі цвітіння – 5 г на 5 л води.

Інокуляцію насіння квасолі здійснювали азотфіксувальними бактеріями БТУ-р (Україна, у дозі 3 л/т насіння проводили в день сівби).

Сидеральна культура (гірчиця) висівалася як рання культура. За настання відповідної фази її розвитку (фаза цвітіння) робили подрібнення стебел дисковими знаряддями. Зелена маса гірчиці сягала – 4,8 т/га.

Органічні рештки (солома гречки – 4,0 т/га) вносились після збирання попередника з наступним зароблянням у ґрунт дисковими знаряддями.

Для боротьби із бур'янами проводили боронування через п'ять днів після сівби, коли проростки бур'янів знаходилися в фазі білої ниточки, а довжина проростків квасолі не перевищувала 1 см. У фазі сходів – першого трійчастого листка міжряддя розпушували на глибину 5–6 см, друге рихлення на глибину 8 см, і останнє до змикання рядків.

В умовах України квасолею пошкоджує незначна кількість шкідників. У період сходів вона може пошкоджуватися ростковою мухою, під час вегетації (у фазі бутонізації) – бобовою попелицею, квасолевою зернівкою. Тому, ми профілактично посіви квасолі обробляли на період сходів та бутонізації препаратом органічного походження Актофит 4 мл/л.

Упродовж вегетації рослин проводили фенологічні (спостереження за розвитком рослин: визначення фаз розвитку і етапів органогенезу) та морфологічні (визначення висоти рослин, площі листкового

апарату) спостереження. Висоту рослин – у динаміці за основними фазами росту та розвитку рослин, у двох несуміжних повтореннях шляхом замірів у десяти рівновіддалених місцях ділянки; наростання вегетативної маси та накопичення сухої речовини в динаміці за основними фазами росту та розвитку рослин; площу листової поверхні – в динаміці за основними фазами росту і розвитку, методом «висічок». Збирання врожаю квасолі здійснювали подільсько-малогабаритним комбайном «Sampro-5002» у фазі господарської стиглості. Впродовж збирання відбирали зразки для визначення вологості та забур'яненості насіння. Облік урожаю проводили методом пробного снопа.

Розміщення усіх дослідних ділянок було систематичне. Досліди закладено у 4 повтореннях. Площа дослідної ділянки – 10 м².

Статистичний аналіз отриманих результатів здійснювали методом дисперсійного аналізу (Ушкаренко та ін. 2013) за допомогою комп'ютерної програми Excel пакету Microsoft Windows 10.

Результати та їх обговорення. У формуванні врожаю бобових культур важливу роль відіграють метеорологічні чинники, які в період проведення досліджень характеризувалися контрастністю температурного режиму та нерівномірним розподілом опадів за місяцями.

За погодними умовами роки досліджень істотно відрізнялися між собою і від середніх багаторічних показників та вплинули на продуктивність дослідних культур і відповідно на ефективність чинників. Дія факторів технології (Гумат-гель, інокуляція, сидерат, солома) істотно відображалася на процесах росту і розвитку рослин квасолі. Рівень позитивного її впливу змінювався в процесі росту і розвитку рослин, забезпечуючи максимальні показники площі листової поверхні у фазі цвітіння, а накопичення маси сухої речовини – у фазі повної стиглості.

За результатами досліджень встановлено, що застосування передпосівної інокуляції насіння БТУ-р та обробка посівів Гумат-гель (гумінові кислоти 100 %, фульвокислоти 40%) по-різному впливали на ріст і розвиток рослин квасолі. Передпосівна обробка насіння БТУ-р сприяла росту висоти рослин на 9,8%, площі листової поверхні на 21,6%, сухої речовини – 15,1% за показників на абсолютному контролі відповідно – 32,9 см, 305 см²/росл., 7,82 г/росл. У варіанті досліду, де проводили обробку посівів Гумат-гель у фазі гілкування та бутонізації показники

росту і розвитку рослин зросли: площа листової поверхні на 15,0%, сухої речовини – 16,1%, висоти рослин – 11,6%. Трьохразове позакореневе внесення препарату Гумат-гель на посівах квасолі у фази гілкування, бутонізації та цвітіння сприяло зростанню висоти рослин – на 17,9%, площі листків – на 29,1%, сухої речовини – 22,5% відповідно (табл. 1). Найсприятливіші умови для росту та розвитку рослин і відповідно формування максимальних показників висоти рослин – 39,7 см, площі листової поверхні – 40 см²/росл., сухої речовини – 10,85 г/росл. отримали за внесення Гумат-гель у фази гілкування, бутонізації, цвітіння та наливу бобів.

У проєкті технології, де заробляли лише зелену масу гірчиці на сидерат (контроль), показники росту квасолі становили: висота рослин – 34,0 см, площа листової поверхні – 239,3 см²/росл., маса сухої речовини – 6,99 г/росл. Інокуляція насіння препаратом азотфіксуючих бактерій БТУ-р на фоні гірчиця на сидерат сприяла посиленню висоти рослин на 9,4%, маси сухої речовини – 14,2%, площі листової поверхні на 13,4% порівняно з контролем (34,0 см; 239 см²/росл.; 6,7 г/росл.). За роки досліджень обробка посівів Гумат-гель у рекомендовані фази (гілкування та бутонізації) на фоні приорювання гірчиці на сидерат забезпечила зростання цих показників відповідно на 5,4 см, 1,57 г/росл., 64,82 см²/росл. за показниками на контролі 34,0 см, 6,7 г/росл., 239 см²/росл. відповідно. Максимальні показники висоти рослин – 43,7 см; масу сухої речовини – 9,9 г/росл.; площу листової поверхні – 359 см²/росл. отримали за чотириразового внесення Гумат-гель по рослинах на фоні заробляння зеленої маси гірчиці. Збільшення показників росту та розвитку рослин порівняно до контролю сягало – висота рослин на 28,5%, суха речовина на 42,0%; площа листової поверхні на 50,0%. У технології, де проводили заробляння в ґрунт солому гречки (4,0 т/га), висота рослин знаходилася на рівні 35,1 см, суха речовина 7,68 г/росл., площа листової поверхні – 269 см²/росл. Використання препарату БТУ-р за обробки насіння на фоні – солома гречки сприяло зростанню цих показників: висота рослин – на 9,1%, суха речовина – 20,1%, листової поверхні – 16,6%.

Технологія, яка передбачає на фоні солома гречки чотириразове внесення препарату Гумат-гель упродовж вегетації культури (гілкування, бутонізація, цвітіння, налив бобів), забезпечила підвищення показників (висота рослин, маса сухої речовини, площа

листяної поверхні) на 22,7%, 51,7%, 41,3%, порівняно з контролем (35,1 см; 7,68 г/роsl.; 269 см²/роsl.).

Рівень урожайності зерна визначається особливостями сорту, а також ефективністю комплексної дії факторів технології та значно змінюється залежно від умов року. Із п'яти років досліджень сприятливі погодні умови для росту та розвитку рослин квасолі були в 2018, 2019 та 2020 рр., де отримані максимальні показники врожайності – 2,18–2,29, 1,90–2,13 т/га.

За результатами досліджень технологія, яка передбачає лише передпосівну обробку насіння БТУ-р (штамом азотфіксувальних бактерій) забезпечила врожайність квасолі на рівні 1,18 т/га. Приріст до абсолютного контролю сягав 0,21 т/га. Технологія з внесенням на рослини лише препарату Гумат-гель біологічного походження показала, що за трьохразової обробки рослин квасолі у фазі гілкування (IV е.о.), бутонізації (VIII е.о.), цвітіння (IX е.о.) урожайність порівняно з контрольним варіантом (без гумату) зростає на 0,35 т/га за контролю 0,97 т/га. Максимальну врожайність квасолі (1,43 т/га) отримали за проекту технології, де проводили обприскування Гумат-гель рослини квасолі у фазі (гілкування, бутонізації, цвітіння, налив бобів).

За рекомендованої дози внесення Гумат-гель (гілкування, бутонізації) отримали врожайність культури

на рівні 1,24 т/га, приріст до контролю збільшився на 28,0% (рисунок).

Технологія, яка передбачає вирощування квасолі з використанням Гумат-гель та пріорювання зеленої маси гірчиці, забезпечила врожайність у межах 1,14–1,74 т/га.

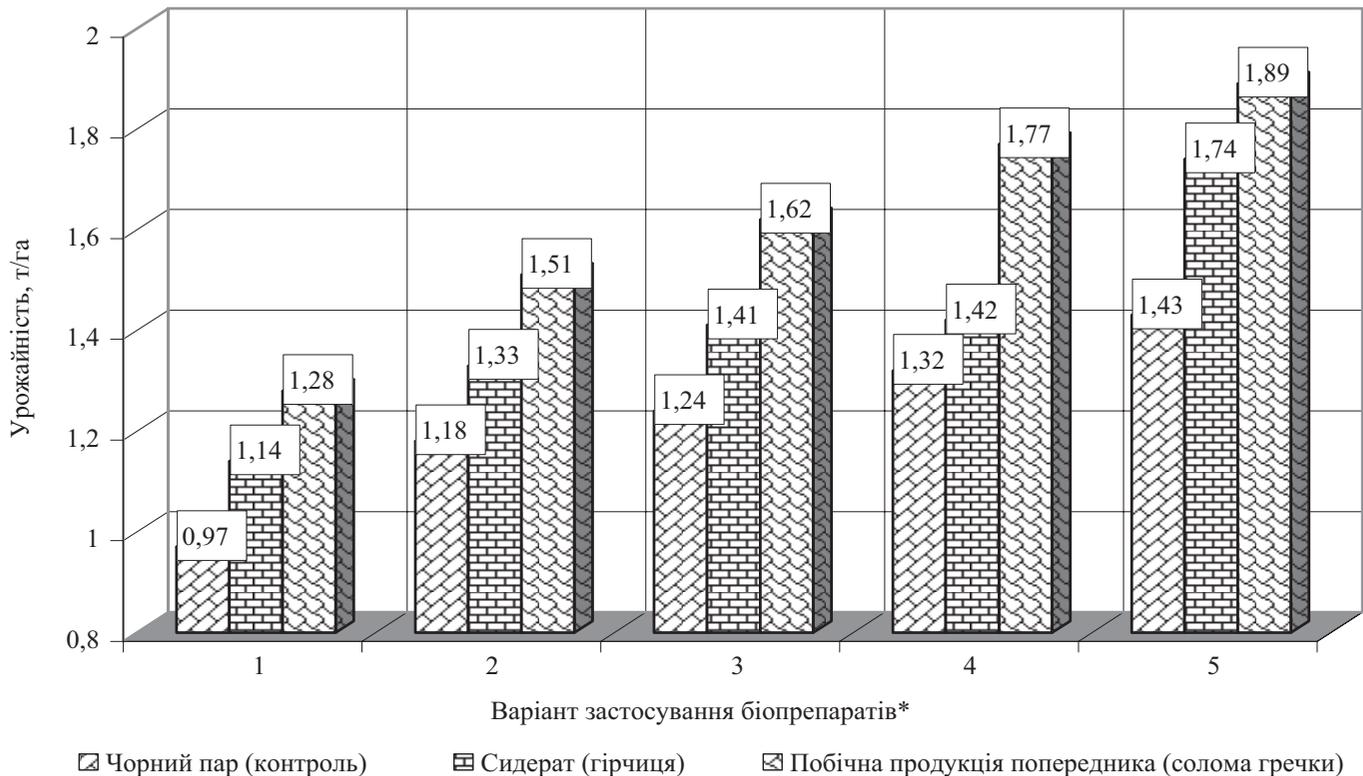
Максимальну врожайність (1,74 т/га) отримали за чотириразової обробки посіву квасолі препаратом Гумат-гель у фазі гілкування (IV е.о.), бутонізації (VIII е.о.), цвітіння (IX е.о.) та наливу бобів, при цьому зростання до контролю сягало 0,60 т/га, до абсолютного – 0,77 т/га. За триразового внесення Гумат-гель на рослини по сидерату (гірчиця) врожайність отримали на рівні 1,42 т/га. Приріст становив 24,6%. Застосування в технології передпосівної інокуляції насіння БТУ-р та пріорювання зеленої маси гірчиці зумовило зростання врожайності квасолі на 16,7%.

За роки досліджень приріст урожайності від використання сидерату (зелена маса гірчиці) знаходився в межах – 0,15 – 0,31 т/га порівняно з варіантами, де вносили лише Гумат-гель.

Більш сприятливі умови для росту, розвитку рослин та формування врожайності були за використання (пріорювання) соломи гречки. Технологія, яка передбачає застосування Гумат-гель та солому гречки забезпечила врожайність квасолі на рівні від 1,28 т/га до 1,89 т/га.

Показники росту та розвитку рослин квасолі сорту Перлина, за органічної системи вирощування у 2016-2020 рр.

Варіант досліджу	Чистий пар (контроль)			Гірчиця на сидерат			Солома гречки		
	Висота рослин, см	Площа листової поверхні, см ² /р	Суха речовина, г/роsl.	Висота рослин, см	Площа листової поверхні, см ² /р	Суха речовина, г/роsl.	Висота рослин, см	Площа листової поверхні, см ² /р	Суха речовина, г/роsl.
Контроль (оброблення водою)	32,9	305	7,82	34,0	239	6,99	35,1	269	7,68
Інокуляція насіння БТУ-р (азотфіксувальні бактерії)	36,2	371	9,00	37,2	271	7,98	38,6	314	9,22
Гумат-гель – обробка насіння + у фазі гілкування + у фазі бутонізації	36,7	351	9,08	39,4	304	8,56	40,0	346	9,62
Гумат-гель – обробка насіння + у фазі гілкування + у фазі бутонізації + у фазі цвітіння	38,8	394	9,58	40,2	337	9,04	42,1	388	10,68
Гумат-гель – обробка насіння + у фазі гілкування + у фазі бутонізації + у фазі цвітіння + у фазі наливу бобів	39,7	403	10,08	43,7	359	9,93	43,1	409	10,85
<i>V, %</i>	<i>7,2</i>	<i>10,7</i>	<i>9,2</i>	<i>9,3</i>	<i>16,1</i>	<i>13,0</i>	<i>7,9</i>	<i>16,3</i>	<i>13,3</i>



Ефективність використання Гумат-гель, сидератів, побічної продукції рослинництва та обробки насіння квасолі (сорт Перлина) азотфіксувальними бактеріями (середнє за 2016–2020 рр.)

*Примітка. 1. Контроль (обробляння водою); 2. Азотфіксувальні бактерії - обробка насіння, 3 л/т; 3. Гумат-гель – обробка насіння 1л/т + у фазі гілкування + у фазі бутонізації (рекомендоване внесення) 5мл/5л води; 4. Гумат-гель – обробка насіння (1л/т) + обробка рослин у фазі гілкування + обробка рослин у фазі бутонізації + обробка рослин у фазі цвітіння; 5. Гумат-гель – обробка насіння (1л/т) + обробка рослин у фазі гілкування + обробка рослин у фазі бутонізації + обробка рослин у фазі цвітіння + обробка рослин у фазі наливу бобів.

Максимальний приріст урожайності (0,61 т/га) отримали за технології, де проводили внесення препарату Гумат-гель у фази гілкування, бутонізації, цвітіння, та налив бобів, порівняно з контролем (без оброблення) – 1,28 т/га. За цієї технології приріст урожайності до абсолютного контролю (0,97 т/га) становив 0,92 т/га. У середньому по досліді приріст урожайності від фактора заорювання соломи гречки сягав 0,38 т/га в порівняно з варіантами, де вносили Гумат-гель.

Передпосівна інокуляція насіння БТУ-р (штамом азотфіксувальних бактерій) на фоні заробляння соломи гречки сприяла збільшенню врожайності квасолі на 0,23 т/га.

Технологія з триразовим внесення Гумат-гель на рослини (гілкування, бутонізація, цвітіння) на фоні з використанням соломи гречки забезпечила зростання врожайності квасолі на 82,4%, порівняно до абсолютного контролю, де врожайність отримали на рівні 0,97 т/га.

Ефективність використання соломи гречки в технології вирощування квасолі забезпечила приріст

урожайності від 0,31 т/га до 0,46 т/га порівнюючи з варіантами, де застосовували в технології лише Гумат-гель.

За результатами аналізу економічних показників вирощування квасолі за органічної системи є доцільно виправданою. В середньому за роки досліджень максимальні показники врожайності (1,89 т/га) прибутку та рівня рентабельності (відповідно 27,4 тис. грн/га та 241%) одержали за технології, що передбачає передпосівну інокуляцію насіння штамом азотфіксувальних бактерій – БТУ-р, чотириразове внесення на посіви квасолі Гумат-гель у фази гілкування, бутонізації, цвітіння, наливу бобів на фоні заробляння соломи гречки. До того ж прибуток збільшився до абсолютного контролю на рівні 15,8 тис. грн.

Висновки

Доведена доцільність комплексного застосування у технології вирощування квасолі в системі органічного землеробства таких елементів, а саме: вирощування культури на фоні сидерального пару і оброблення

насіння посівів препаратом біологічного походження стимулювальної та удобрювальної дії. Оптимальним поєднанням експериментальних елементів у органічній технології вирощування квасолі є висівання культури на фоні побічної продукції попередника насінням, обробленим препаратом Гумат-гель (1 л/т) у поєднанні із чотириразовою позакореневою обробкою посівів (по 1 л/га) у фази гілкування, бутонізації, цвітіння та наливу бобів. Таке поєднання елементів

у єдиному технологічному циклі в середньому за роки досліджень забезпечило висоту рослин на рівні 43,1 см, площу листової поверхні – 409 см²/росл. та масу сухої речовини – 10,85 г/росл. Крім того, врожайність культури сягала 1,89 т/га за рентабельності виробництва – 241%, що свідчить про перспективність та економічну доцільність вирощування квасолі в системі органічного землеробства в умовах північної частини Правобережного Лісостепу.

ЛІТЕРАТУРА

- Алмашова В.С. Вирощування бобових культур та рослин сидератів на півдні України в контексті розвитку органічного землеробства. *Таврійський науковий вісник*, 2021. №118. С. 9–14.
- Вирощування органічних бобових інвестиційно привабливе для фермерів - Мінагро. URL: <https://www.ukrinform.ua/rubric-economy/2509642-virosuvanna-organicnih-bobovih-investicijno-privablivo-dla-fermeriv-minagro.html>.
- День поля у Теплику: чому фермерам потрібно вирощувати бобові? URL: <https://kurkul.com/blog/233-den-polya-u-tepliku-chomu-fermeram-potribno-viroschuvati-bobovi>.
- Драган, М.І., Гамалей В.І., Камінський В.Ф., Роль гуматів у відновленні структури сірого лісового ґрунту. *Вісник аграрної науки*. 2011. №7. С. 24–28.
- Методичні вказівки щодо проведення польових досліджень і вивчення технології вирощування зернових культур. Чабани: Інститут землеробства НААН. 2001. 22 с.
- Моклячук Л.І., Курник І.М. Активний азот в органічному землеробстві. *Органічне виробництво і продовольча безпека*: монографія. Житомир: ЖНАЕУ, 2017. С. 19–22.
- Каленская С.М., Присяжнюк О.И., Король Л.В., Половинчук А.Ю. Сравнительная характеристика шкал роста и развития гороха посівного. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2019. Т. 15, №2. С. 155–162.
- Камінський В.Ф., Гадзало Я.М., Сайко В.Ф., Корнійчук М.С. Землеробство XXI століття: проблеми та шляхи вирішення. К.: ВП «Едельвейс», 2015. 372 с.
- Камінський В.Ф. Біологічне землеробство в умовах зміни клімату. *Посібник українського хлібороба*. 2017. № 1. С. 28–30.
- Walter Sinja, Zehring Jenny, Mink Kathrin, Quendt Ulrich, Zocher Kathleen, Rohn Sascha. (2022). Protein content of peas (*Pisumsativum*) and beans (*Viciafaba*) -Influence of cultivation condition. *Journal of Food Composition and Analysis*, Vol. 105.P. 104257. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.jfca.2021.104257>.
- Камінський В.Ф., Голодна А.В., Дворецька С.П., Любич О.Г., Корнійчук М.С., Поліщук С.В. Особливості вирощування зернобобових культур у Лісостепу: науково-методичні рекомендації /за наук. ред. академіка НААН В.Ф. Камінського. Вінниця: ТОВ «Твори», 2020. 108 с.
- Стецишин П.О., Пиндус В.В., Рекуненко В.В. Основи органічного виробництва. Вінниця: Нова Книга, 2011. 552
- Ушкаренко В.О., Вожегова Р.А., Голобородько С.П., Коковіхін С.В. Статистичний аналіз результатів польових дослідів у землеробстві. Херсон: Айлант. 2013. 272 с.
- Bednik, M.; Medyńska-Juraszek, A.; Dudek, M.; Kloc, S.; Kręć, A.; Łabaz, B.; Waroszewski, J. (2020) Wheat Straw Biochar and NPK Fertilization Efficiency in Sandy Soil Reclamation. *Agronomy*, 10, 496. DOI:<https://doi.org/10.3390/agronomy10040496>.
- Urbatzka Peer, Graß Rüdiger, Haase Thorsten, Schüler ChristianHe, Jürgen B (2012) Influence of different sowing dates of winter pea genotypes on winter hardiness and productivity as either winter catch crop or seed legume. *European Journal of Agronomy*, Vol. 40.P. 112–119. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2012.03.001>.
- Nosratti, I., Korres, N.E., Cordeau, S. (2023). Knowledge of Cover Crop Seed Traits and Treatments to Enhance Weed Suppression: A Narrative Review. *Agronomy* 13, 1683. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy13071683>.
- Dengke Ma, Lina Yin, Wenliang Ju, Xiankun Li, Xiaoxiao Liu, Xiping Deng, Shiwen Wang. (2021). Meta-analysis of green manure effects on soil properties and crop yield in northern China. *Field Crops Research*, Vol. 266. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.fcr.2021.108146>.
- Методичні вказівки щодо застосування гуматів у сільському господарстві. Запоріжжя, 2004. 12 с.

REFERENCES

1. Al'mashova V.S. (2021). Vyroshchuvannia bobovykh kultur ta roslyn siderativ na pivdni Ukrainy v konteksti rozvytku orhanichnogo zemlerobstva. *Tavriyskyi naukovyi visnyk*, 118, 9–14 [in Ukrainian].
2. Vyroshchuvannia orhanichnykh bobovykh investytsiino pryvablyve dlia fermeriv – Minagro. URL: <https://www.ukrinform.ua/rubric-economy/2509642-virosuvanna-organicnih-bobovih-investicijno-pri-vablive-dla-fermeriv-minagro.html> [in Ukrainian].
3. Den polia u Teplyku: chomu fermeram potribno vyroshchuvaty bobovi? URL: <https://kurkul.com/blog/233-den-polya-u-tepliku-chomu-fermeram-potribno-viroschuvati-bobovi> [in Ukrainian].
4. Dragan M.I., Hamalei V.I., Kaminskyi V.F. (2011). Rol humativ u vidnovlenni struktury siroho lisovoho rruntu. *Visnyk ahrarnoi nauk*, 7, 24–28 [in Ukrainian].
5. Metodichni vkazivky shchodo provedennia poliovykh doslidzhen i vyvchennia tekhnologii vyroshchuvannia zernovykh kultur (2001). Chabany: Instytut zemlerobstva NAAN. 22 p. [in Ukrainian].
6. Mokliachuk L.I., Kurnyk I.M. (2017). Aktyvnyi azot v orhanichnomu zemlerobstvi. Orhanichne vyrobnytstvo i prodovolcha bezpeka: monohrafiia. Zhytomir: ZhNAEU. P. 19–22 [in Ukrainian].
7. Kalenska S.M., Prysiazhniuk O.I., Korol L.V., Polovynchuk A.Iu. (2019). Sravnytelnaiia kharakterystyka shkal rosta i razvitiia horokha posivnogo. *Plant Varieties Studying and Protection*, 15, 2, 155–162 [in Ukrainian].
8. Kaminskyi V.F., Hadzalo Ia.M., Saiko V.F., Korniiichuk M.S. (2015). Zemlerobstvo XXI stolittia: problemy ta shliakhy vyrishennia. K.: VP «Edelweis». 372 p. [in Ukrainian].
9. Kaminskyi V.F. (2017). Biologichne zemlerobstvo v umovakh zminy klimatu. *Posibnyk ukrainskoho khliboroba*, 1, 28–30 [in Ukrainian].
10. Walter Sinja, Zehring Jenny, Mink Kathrin, Quendt Ulrich, Zoicher Kathleen, Rohn Sascha (2022). Protein content of peas (*Pisum sativum*) and beans (*Vicia faba*) – Influence of cultivation conditions. *Journal of Food Composition and Analysis*, 105, 104257. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2021.104257> [in English].
11. Kaminskyi V.F., Holodna A.V., Dvoretzka S.P., Liubchych O.H., Korniiichuk M.S., Polishchuk S.V. (2020). Osoblyvosti vyroshchuvannia zernobobovykh kultur u Lisostepu: nauково-metodychni rekomendatsii /za nauk. red. akademika NAAN V.F. Kaminskoho. Vinnytsia: TOV «Tvory», 108 p. [in Ukrainian].
12. Stetsyshyn P.O., Pyndus V.V., Rekenenko V.V. (2011). Osnovy orhanichnogo vyrobnytstva. Vinnytsia: Nova Knyha, 552 p. [in Ukrainian].
13. Ushkarenko V.O., Vozhehova R.A., Holoborodko .P., Kokovikhin S.V. (2013). Statystychnyi analiz rezultativ poliovykh doslidiv u zemlerobstvi. Khereson: Ailant, 272 p. [in Ukrainian].
14. Bednik M., Medyńska-Juraszek A., Dudek M., Kloc S., Kręć A., Łabaz B., Waroszewski J. (2020). Wheat Straw Biochar and NPK Fertilization Efficiency in Sandy Soil Reclamation. *Agronomy*, 10, 496. DOI:<https://doi.org/10.3390/agronomy10040496> [in English].
15. Urbatzka P., Graß R., Haase T., Schüler C.H., Jürgen B. (2012). Influence of different sowing dates of winter pea genotypes on winter hardiness and productivity as either winter catch crop or seed legume. *European Journal of Agronomy*, 40, 112–119. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.eja.2012.03.001> [in English].
16. Nosratti I., Korres N.E., Cordeau S. (2023). Knowledge of Cover Crop Seed Traits and Treatments to Enhance Weed Suppression: A Narrative Review. *Agronomy*, 13, 1683. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy13071683> [in English].
17. Ma D., Yin L., Ju W., Li X., Liu X., Deng X., Wang S. (2021). Meta-analysis of green manure effects on soil properties and crop yield in northern China. *Field Crops Research*, 266. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.fcr.2021.108146> [in English].
18. Metodichni vkazivky shchodo zastosuvannia humativ u silskomu hospodarstvi (2004). Zaporizhzhia. 12 p. [in Ukrainian].

Dvoretzka S.P., Liubchych O.H., Shevchuk M.I.

Features of common bean cultivation technology under the organic farming system

Aim. To determine the impact of the complex application of doses and timing of the application of a fertilizer preparation, seed treatment with nitrogen-fixing bacteria BTU p for growing beans on the background of green manure or by-products of the predecessor on the features of the formation of bean productivity elements when grown in the organic farming system and to identify the most effective combination of them for maximum realization of the productivity potential of the agrocenosis in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe. **Methods.** Field, laboratory analytical, computational, statistical. **Results.** According to the results of studies conducted in 2016-2020, high efficiency of growing beans on the background of the use of by-products of the predecessor (buckwheat straw)

as fertilizer was revealed, which allowed to additionally obtain 0.46–0.61 t/ha of grain. Inoculation of seeds with a preparation based on symbiotic nitrogen-fixing bacteria, depending on the predecessor, provided an increase in yield at the level of 0.21–0.54 t/ha. Pre-sowing treatment of seeds with the preparation Humate-gel in combination with its foliar spraying of crops during critical periods of ontogenesis increased the yield by 0.27–0.92 t/ha or by 27.8–94.8% depending on the frequency of treatments. When growing beans on the background of black steam, the height of plants varied from 32.9 cm to 39.7 cm, on the background of green manure – from 34.0 cm to 43.78 cm, on the background of by-products of the predecessor – from 35.1 cm to 43.1 cm. The leaf surface area, depending on the complex effect of the predecessor and the options for using biological preparations, varied from 305 cm²/plant to 409 cm²/plant, and the dry weight of the plant – from 7.82 g to 10.85 g. **Conclusions.** The feasibility of the integrated use of the following elements in the technology of growing beans in the organic farming system has been proven, namely: growing the crop against the background of sideral steam and treating the seeds of crops with a preparation of biological origin with stimulating and fertilizing action. The optimal combination of experimental elements in the organic technology of growing beans is sowing the crop against the background of the by-products of the predecessor with seeds treated with the preparation Humate gel (1 l/t) in combination with four-fold foliar treatment of crops (1 l/ha) in the phases of branching, budding, flowering and filling beans. Such a combination of elements in a single technological cycle on average over the years of research provided a plant height of 43.1 cm, a leaf surface area of 409 cm²/plant and a dry matter mass of 10.85 g/plant. At the same time, the crop yield was 1.89 t/ha with a production profitability of 241%.

Key words: biological products, seed treatment, by-products, predecessor, green manure, yield.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Дворецька С.П., кандидат с.-г. наук, старший науковий співробітник, провідний науковий співробітник відділу технологій зернобобових круп'яних і олійних культур, Національний науковий центр «Інститут землеробства Національної академії аграрних наук України», ORCID: 0000-0002-8189-643X.

Любчик О.Г., кандидат с.-г. наук, старший дослідник, провідний науковий співробітник відділу технологій

Dvoretska S.P., Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Leading Researcher of the Department of Legume, Cereal and Oilseed Crops Technologies, the National Scientific Center «Institute of Agriculture of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine», ORCID: 0000-0002-8189-643X.

Liubchych O.H., Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Leading Researcher of the Department

зернобобових круп'яних і олійних культур, Національний науковий центр «Інститут землеробства Національної академії аграрних наук України», ORCID: 0000-0001-6768-1398.

Шевчук М.І., провідний агроном відділу технологій зернобобових круп'яних і олійних культур, Національний науковий центр «Інститут землеробства Національної академії аграрних наук України».

of Legume, Cereal and Oilseed Crops Technologies, the National Scientific Center «Institute of Agriculture of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine», ORCID: 0000-0001-6768-1398.

Shevchuk M.I., Leading Agronomist of the Department of Legume, Cereal and Oilseed Crops Technologies, the National Scientific Center «Institute of Agriculture of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine».

Надійшла 11.02.2025

ОСОБЛИВОСТІ ЖИВЛЕННЯ РОСЛИН ЯЧМЕНЮ ЯРОГО ЗА РІЗНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОЩУВАННЯ

В.М. Юла, В.В. Камінська, М.А. Породько, Б.В. Мушик, О.Ф. Дудка

ННЦ «ІЗ НААН» (с-ще Чабани, Україна)

Мета. Провести оцінку рівня забезпеченості основними елементами живлення рослин ячменю ярого залежно від доз внесених добрив та попередника. Встановити оптимальні дози внесення добрив під ячмінь на основі методу листкової діагностики та визначення ступеня потреби рослин в основних елементах живлення в умовах Лісостепу Правобережного. **Методи.** Для проведення досліджень було застосовано метод польового дослідження, візуальний, вимірально-ваговий, лабораторний, розрахунковий та статистичний. **Результати.** Дослідження, проведені протягом 2018–2020 рр. на темно-сірому опідзоленому крупнопилувато-легкосуглинковому ґрунті в умовах північної частини Правобережного Лісостепу показали, що система удобрення, застосування стимуляторів росту та попередник істотно впливають на вміст загального азоту, фосфору та калію в листках рослин ячменю ярого. **Висновки.** В північній частині Правобережного Лісостепу ріст і розвиток рослин ячменю ярого істотно залежить від попередника, системи удобрення і оптимального забезпечення основними елементами живлення впродовж вегетаційного періоду. За результатами рослинної діагностики найкращі умови живлення, забезпечували варіанти зі внесенням $N_{60}P_{80}K_{80} + N_{60}$ та $N_{45}P_{90}K_{90} + N_{45}$ (IV) кг/га діючої речовини.

Ключові слова: удобрення, попередник, стимулятори росту, вміст загального азоту в листках, вміст загального фосфору в листках, вміст загального калію в листках, індекс потреби в елементах живлення рослин.

Вступ. Ячмінь ярий – важлива продовольча і кормова культура з коротким вегетаційним періодом, яка характеризується підвищеними вимогами до рівня живлення [1; 2].

Першочерговим завданням за формування високого врожаю якісного зерна ячменю ярого є пошук шляхів створення оптимальних умов живлення рослин. Це зумовлено тим, що ця культура характеризується слабозвиненою кореневою системою і, як наслідок, низькою здатністю до споживання поживних речовин з ґрунту. Саме тому ячмінь ярий, порівняно з іншими зерновими колосовими культурами, краще реагує на внесення добрив, ефективність яких зростає у міру покращання умов його зволоження [3–7].

За даними Авраменко та ін. [8], рослини ячменю ефективно засвоюють не лише дію мінеральних добрив, внесених безпосередньо під культуру, а й їхню післядію, а також післядію органічних добрив, які були внесені під попередні культури у сівозміні. За сприятливих умов вирощування використання

мінеральних добрив може істотно підвищити врожайність ячменю — до 50% приросту врожаю, як вказано у джерелі [9]. Варто підкреслити, що ключовою умовою для отримання високих і стабільних урожаїв ячменю є належне забезпечення його основними поживними елементами — насамперед азотом, фосфором і калієм [10]. Потреба ячменю ярого в поживних елементах залежить від його потенційної врожайності. Щоб отримати вищий урожай, рослина споживає більше елементів живлення, тому зростає й потреба в додатковому внесенні добрив [11]. Для формування однієї тонни зерна разом із супутньою масою побічної продукції ячмінь зазвичай засвоює приблизно 20–30 кг азоту, 5–15 кг фосфору (у вигляді P_2O_5) та 10–20 кг калію (у вигляді K_2O) [12].

Ячмінь ярий до фази виходу в трубку поглинає до 70% необхідного калію, приблизно половину фосфору та значну частину азоту, який засвоюється впродовж усього вегетаційного періоду. Щоб забезпечити високу врожайність дуже важливо, щоб

рослини отримували достатню кількість поживних речовин ще на початкових етапах росту, оскільки пізніше нестачу компенсувати практично неможливо. До початку цвітіння ячмінь засвоює майже 90% усіх необхідних елементів живлення з ґрунту, тому підвищення вмісту доступних форм азоту, фосфору і калію позитивно впливає на врожай. Загалом, систему удобрення під ячмінь ярий слід формувати з урахуванням результатів діагностики живлення рослин на різних етапах їх розвитку [13].

Метою дослідження є визначення оптимального рівня забезпеченості ячменю ярого основними поживними елементами залежно від кількості внесених добрив та попередньої культури.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Згідно з результатами досліджень О.І. Леня [14], встановлено, що потреба рослин ячменю ярого в азоті залишається високою впродовж усього періоду вегетації. Фосфор найбільш необхідний на початку росту та на завершальних етапах органогенезу, тоді як потреба в калії зростає у другій половині вегетаційного періоду. Рівень урожаю зерна ячменю ярого має пряму, але не надто тісну залежність від вмісту фосфору в рослинах. Зокрема, коефіцієнти кореляції у фазах кушення, виходу в трубку, колосіння та молочної стиглості становлять відповідно: 0,48, 0,41, 0,28 і 0,57.

Щодо калію, то між його вмістом у рослинах і врожайністю спостерігався слабкий зв'язок у фазах кушіння ($r = 0,21$) та виходу в трубку ($r = 0,17$), але істотно зростає у фазі колосіння ($r = 0,82$) та в молочної стиглості ($r = 0,54$), де зв'язок вважається середнім. Найкраще задовольняли потреби ячменю в поживних елементах варіанти, де вносили повні дози мінеральних добрив.

На думку дослідників, ефективна система удобрення повинна бути адаптована до потреб культури на кожному етапі вегетації. Важливо вчасно забезпечувати рослини необхідними елементами живлення в потрібних обсягах та співвідношеннях. Удобрення є одним з основних і найбільш результативних способів впливу на врожай, адже воно підвищує вміст доступних форм азоту, фосфору і калію в ґрунті [15].

Існує тісний взаємозв'язок між кількістю внесених добрив, рівнем доступних (рухомих) поживних речовин у ґрунті та врожайністю сільськогосподарських культур. Саме ці доступні форми поживних елементів допомагають зменшити негативний вплив несприятливих погодних умов і, відповідно,

сприяють отриманню стабільного врожаю. Тому під час визначення доз і співвідношення добрив для вирощування ячменю ярого важливо врахувати біологічні особливості конкретного сорту, вміст рухомих поживних речовин у ґрунті, попередні культури на полі та подальше призначення врожаю [16; 17].

Активізація споживання рослинами ячменю елементів живлення, як зазначає Є.В. Качур (18), відбувається за умови зростання рівня внесених під культуру доз мінеральних добрив. Зокрема, якщо за внесеної дози $N_{30}P_{60}K_{60}$ рівень надходження азоту в рослину збільшився на 8,1 – 9,2 %, фосфору – на 29,4 – 40% і калію – на 11,2 – 15,5 %, то за подальшого внесення $N_{90}P_{60}K_{60}$ накопичення азоту, фосфору і калію в листках ячменю, досягало максимальних значень.

Внесення основних елементів живлення, як-от азот, фосфор і калій у поєднанні з застосуванням мікроелементів (марганцю, бору, міді, цинку, молібдену тощо) як стверджують М. В. Лісовий [19], В.В. Лихочвор [20] є передумовою формування сталих урожаїв ячменю ярого, за умови дотримання їх оптимального співвідношення. Адже саме це дає можливість оптимізувати вміст доступних форм елементів, як у ґрунті, так і в рослині не викликаючи істотного тиску на довкілля.

Система удобрення ячменю ярого, яка передбачає внесення під культуру мінеральних добрив у нормах $N_{45-60}P_{45-60}K_{45-60}$, як вказує Н.І. Вега (21) забезпечує не лише поліпшення агрохімічних властивостей темно-сірого опідзоленого ґрунту шляхом покращання балансу основних елементів живлення, зокрема зростання показника інтенсивності балансу азоту до 77,8%, фосфору – до 141,0, калію – до 75,9%, а й збільшення врожайності культури на 0,7–1,0 т/га, а у сприятливі роки – до 1,4 т/га.

Серед технологічних чинників, за твердженням О.С. Гораша [22], застосування добрив є одним з основних. Саме забезпеченість агроценозу елементами живлення на достатньому рівні впродовж вегетаційного періоду формує передумови для оптимального росту і розвитку рослин, отримання стабільних урожаїв зерна ячменю ярого [23].

Матеріали та методи досліджень. Дослідження проводили у довгостроковому стаціонарному досліді відділу зернових колосових культур «ННЦ ІЗ НААН» упродовж 2018–2020 рр. Ячмінь ярий сорту Віраж висівали з нормою 4,5 млн схожих насінин на гектар.

Ґрунт дослідної ділянки – темно-сірий опідзолений, крупнопилувато-легкосуглинковий, характеризується низьким умістом гумусу, дуже низьким рівнем забезпеченості лужногідролізованим азотом, високим вмістом рухомих форм фосфору, середнім – калію. Площа облікової ділянки 28 м², повторність досліду – чотириразова.

У ході досліду ячмінь ярий висівали після сої та кукурудзи вирощеної на зерно. Побічну продукцію попередніх культур залишали в полі, а на цьому фоні вивчали вплив різних доз добрив: $N_{30}P_{30}K_{30}$; $N_{30}P_{30}K_{30}$ з додаванням мікродобрива; $N_{30}P_{60}K_{60}$ з додатковим внесенням N_{30} на IV етапі розвитку; $N_{60}P_{80}K_{80}$ з N_{60} на IV етапі; а також $N_{45}P_{90}K_{90}$ з додатковим внесенням N_{45} на тому самому етапі на фоні інтегрованої системи захисту. Агротехнічні заходи з вирощування ячменю відповідали загальноприйнятим для умов Правобережного Лісостепу за винятком досліджуваних чинників. Добрива використовували у вигляді аміачної селітри (з вмістом 34,5% діючої речовини азоту), суперфосфату (19,5% P_2O_5) та хлористого калію (56% K_2O). Фосфорні та калійні добрива вносили під основний обробіток ґрунту, а азотні – навесні під час передпосівної культивування, та, відповідно до схеми досліду, на IV етапі органогенезу.

Інтегрована система захисту рослин у досліді передбачала передпосівну обробку насіння препаратом Вітавак 200 ФФ (2,5 л/т) разом зі стимулятором росту Регоплант (250 мл/т). У період вегетації посіви обприскували гербіцидом Агрітокс (1,0 л/га) для боротьби з бур'янами, фунгіцидом Фалькон (0,6 л/га) – проти хвороб, а також інсектицидом Нурелл Д (1,0 л/га) – для захисту від шкідників. На IV етапі органогенезу додатково проводили обробку стимулятором росту Стимпо та вносили мікродобриво Біфоліар Мікроплант.

Під час проведення досліджень були використані загальноприйняті методики спостережень, обліків і аналізів. Зокрема, вмісту азоту визначали за методом К'ельдаля [24], фосфору – фотокolorиметрично [25]; калію – полум'яно-фотометричним методом після мокрого озоління осаду за Гінзбург та Щегловою [26].

Оцінку забезпеченості рослин ячменю ярого елементами живлення на основних етапах органогенезу здійснювали за методом листової діагностики. Зелені листки верхнього ярусу рослин для аналізу відбиралося на IV, VI, та IX етапах органогенезу. Ступінь потреби рослин ячменю ярого в основних елементах живлення, визначався як відношення

оптимуму величини вмісту до фактичного його відсотка. Крім того, показник менше 1,05 вказує на відсутність потреби в основних елементах, 1,06–1,50 свідчить про середню потребу, а 1,6–2,0 і вище на нагальну необхідність забезпечення рослин необхідними елементами.

Результати та їх обговорення. Оскільки ґрунт дослідної ділянки характеризується дуже низьким рівнем забезпеченості лужногідролізованим азотом, високим вмістом рухомих форм фосфору, середнім – калію, тому основна увага була зосереджена на визначенні оптимальних доз внесення азоту, які дадуть змогу повною мірою забезпечити рослини ячменю цим елементом. Крім того, варто встановити дози внесення фосфору та калію, які в поєднанні з азотом дадуть змогу отримати оптимальні рівні забезпечать рослини ячменю основними елементами живлення.

Визначення вмісту азоту в листках ячменю ярого на основних етапах органогенезу (IV, VI, IX) залежно від доз добрив та попередників проводили впродовж трьох років досліджень. За вирощування ячменю ярого на чистому контролі (без застосування добрив) уміст азоту змінювався від 3,6 до 3,9% на IV етапі за обох попередників, за внесення побічної продукції попередника від 3,67% до 3,96% відповідно. В цих варіантах досліджень рослини відчували дефіцит азоту, де рівень забезпеченості ним був низьким (табл.1).

За внесення N_{30} до посіву на фоні $P_{30}K_{30}$ + мікродобриво уміст цього елемента сягав 4,25% – після сої та 4,68% – після кукурудзи на зерно. За застосування $N_{30}P_{60}K_{60}$ + $N_{30(IV)}$ в підживлення цей показник збільшився щодо контролю на 0,9% і 1,04% відповідно.

За внесення вищих доз добрив ($N_{60}P_{80}K_{80}$ + $N_{60(IV)}$) вміст азоту в рослинах ячменю ярого збільшився до 4,8% по сої та 5,1% по кукурудзі на зерно. Така норма добрив забезпечила концентрацію азоту в листках близьку до оптимуму.

Слід зазначити, що на IV етапі розвитку рослин забезпеченість цим елементом була оптимальною за вирощування ячменю ярого після попередника соя за внесення добрив у нормах: $N_{60}P_{80}K_{80}$ + $N_{60(IV)}$, $N_{45}P_{90}K_{90}$ + $N_{45(IV)}$, а після кукурудзи на зерно ще й за внесення $N_{30}P_{60}K_{60}$ + $N_{30(IV)}$.

У період виходу рослин у трубку (VI етап органогенезу) у зв'язку з інтенсивним наростанням вегетативної маси ячменю ярого спостерігається зниження вмісту загального азоту в листках. За результатами

листяної діагностики вміст цього показника був низьким і дуже низьким майже на всіх варіантах удобрення. Оптимальний рівень забезпеченості вмісту азоту в листках 4,5% та 4,6% мав місце на варіантах зі внесенням добрив у дозі $N_{60}P_{80}K_{80} + N_{60(IV)}$ по обох попередниках відповідно.

У період колосіння – цвітіння (IX етап) вміст загального азоту в листках рослин на удобрених варіантах коливався від 2,84% до 3,22% по сої та від 2,04% до 2,13% по кукурудзі на зерно за показника на контрольному варіанті 1,98% і 1,86%. До того ж рослини ячменю ярого були забезпечені азотом на рівні оптимуму за внесення $N_{30}P_{60}K_{60} + N_{30(IV)}$, $N_{45}P_{90}K_{90} + N_{45(IV)}$, $N_{60}P_{80}K_{80} + N_{60(IV)}$ за вирощування після обох попередників.

Таблиця 1. Уміст загального азоту в листках рослин ячменю ярого, %, середнє за 2018–2020 рр.

Варіант удобрення	Етап органогенезу		
	IV	VI	IX
Попередник соя			
Без добрив (контроль)	3,58	2,07	1,98
Побічна продукція попередника (П.п.)	3,67	2,24	2,13
П.п. + $N_{30}P_{30}K_{30}$ + мікродобриво	4,25	3,17	2,84
П.п. + $N_{30}P_{30} + N_{30}$	4,12	3,02	2,63
П.п. + $N_{30}P_{60}K_{60} + N_{30(IV)}$	4,51	3,44	2,93
П.п. + $N_{60}P_{80}K_{80} + N_{60(IV)}$	4,78	4,56	3,35
П.п. + $N_{45}P_{90}K_{90} + N_{45(IV)}$	4,71	4,48	3,22
НІР ₀₅	0,65	1,34	0,71
Попередник кукурудза на зерно			
Без добрив (контроль)	3,90	2,11	1,86
Побічна продукція попередника (П.п.)	3,96	2,18	1,94
П.п. + $N_{30}P_{30}K_{30}$ + мікродобриво	4,68	2,55	2,10
П.п. + $N_{30}P_{30}K_{30}$	4,61	2,50	2,04
П.п. + $N_{30}P_{60}K_{60} + N_{30(IV)}$	4,94	3,44	3,05
П.п. + $N_{60}P_{80}K_{80} + N_{60(IV)}$	5,10	4,45	3,23
П.п. + $N_{45}P_{90}K_{90} + N_{45(IV)}$	5,08	4,26	3,13
НІР ₀₅	0,69	1,35	0,85
Рівень забезпечення			
Дуже низький	<3	<2	<1,8
Низький	3,0–3,5	3,0–3,8	2,0–2,7
Оптимальний	4,7–5,3	4,5–4,7	2,9–3,5
Високий	>6,5	>6	>4,5

Згідно з результатами досліджень, найбільший вміст фосфору в листках ячменю ярого спостерігався на IV етапі органогенезу, після чого поступово зменшувався до IX етапу. Це зниження пояснюється тим, що рослини активно використовують фосфор у процесі росту (табл. 2).

На IV етапі, за вирощування ячменю ярого після сої, вміст рухомого фосфору в листках змінювався від 0,82 до 1,06%, а після кукурудзи на зерно — від 0,86 до 1,27%. Найвищий рівень фосфору в ячмені зафіксували в разі, коли залишки попередника заорювали в ґрунт, а також вносили добрива у нормі $N_{45}P_{90}K_{90}$ + додатково N_{45} на IV етапі розвитку, незалежно від того, чи була соя чи кукурудза попередником.

Таблиця 2. Уміст загального фосфору в листках рослин ячменю ярого, %, середнє за 2018–2020 рр.

Варіант удобрення	Етап органогенезу		
	IV	VI	IX
Попередник соя			
Без добрив (контроль)	0,82	0,66	0,39
Побічна продукція попередника (П.п.)	0,88	0,71	0,42
П.п. + $N_{30}P_{30}K_{30}$ + мікродобриво	0,97	0,82	0,53
П.п. + $N_{30}P_{30} + N_{30}$	0,86	0,87	0,57
П.п. + $N_{30}P_{60}K_{60} + N_{30(IV)}$	0,90	0,90	0,61
П.п. + $N_{60}P_{80}K_{80} + N_{60(IV)}$	0,98	1,03	0,69
П.п. + $N_{45}P_{90}K_{90} + N_{45(IV)}$	1,06	1,08	0,81
НІР ₀₅	0,11	0,21	0,20
Попередник кукурудза на зерно			
Без добрив (контроль)	0,86	0,60	0,50
Побічна продукція попередника (П.п.)	0,89	0,67	0,53
П.п. + $N_{30}P_{30}K_{30}$ + мікродобриво	0,95	0,77	0,55
П.п. + $N_{30}P_{30}K_{30}$	0,98	0,84	0,59
П.п. + $N_{30}P_{60}K_{60} + N_{30(IV)}$	1,09	0,92	0,64
П.п. + $N_{60}P_{80}K_{80} + N_{60(IV)}$	1,22	1,01	0,73
П.п. + $N_{45}P_{90}K_{90} + N_{45(IV)}$	1,27	1,08	0,79
НІР ₀₅	0,22	0,24	0,15
Рівень забезпечення			
Дуже низький	<0,20	<0,20	<0,15
Низький	0,37–0,47	0,30	0,20
Оптимальний	0,55–0,65	0,42–0,48	0,31–0,42
Високий	>0,80	>0,55	>0,50

На IX етапі органогенезу вміст фосфору в листках ячменю ярого коливався в межах від 0,39 до 0,81%, залежно від рівня удобрення та попередника, і вважався високим, що свідчить про добрий рівень забезпечення цим елементом.

Щодо калію, його вміст у листках ячменю на різних етапах розвитку залежав переважно від внесення добрив, а вплив попередника був незначним. На IV етапі органогенезу без застосування добрив (контроль) вміст калію становив 3,5% – після сої та 3,6% – після кукурудзи на зерно. У варіанті, де вносили лише побічну продукцію попередника, рівень калію залишався низьким (табл. 3). Внесення добрив у дозі $N_{30}P_{30}K_{30}$ забезпечило приріст вмісту калію на 0,78% після сої та на 0,34% після кукурудзи на зерно порівняно з контролем. За подвійного збільшення дози мінеральних добрив до $N_{30}P_{60}K_{60} + N_{30}$ на IV етапі вміст калію підвищився до 4,52% (попередник соя) та 4,27% (попередник кукурудза на зерно). А за технології із внесенням $N_{60}P_{80}K_{80} + N_{60(IV)}$ вміст калію збільшився ще — на 0,74–1,07% порівняно з контролем. Найвищий вміст калію (5,23% по сої та 5,39% по кукурудзі) зафіксували за комплексного підходу: заорювання побічної продукції попередника разом зі внесенням добрив у дозі $N_{45}P_{90}K_{90} + N_{45(IV)}$, що відповідало оптимальному рівню живлення.

На VI етапі органогенезу вміст калію зменшився, але залишався в межах оптимуму: 2,90–4,31% по сої та 2,97–4,78% по кукурудзі. Винятком були варіанти без добрив та з використанням лише побічної продукції, в яких рівень калію був недостатнім.

На IX етапі органогенезу також виявили залежність вмісту калію в листках ячменю ярого від кількості внесених добрив і попередника. Оптимальний рівень калію спостерігався в усіх варіантах удобрення, окрім контрольного (без добрив) та варіанта, де вносили лише побічну продукцію попередника – у цих випадках забезпечення калієм було недостатнім. Найвищі показники вмісту калію в листках (2,88% після сої та 3,15% після кукурудзи) зафіксували за внесення добрив у дозі $N_{45}P_{90}K_{90} + N_{45(IV)}$ разом із заорюванням побічної продукції попередника (табл. 3).

За результатами проведених досліджень встановлено, що внесення мінеральних добрив у дозі $N_{45}P_{90}K_{90} + N_{45(IV)}$ за вирощування ячменю ярого після сої і кукурудзи на зерно сприяло формуванню оптимальних рівнів забезпечення рослин азотом, фосфором і калієм впродовж вегетаційного періоду згідно з отриманими показниками їх вмісту в листках.

Одержані результати індексів потреби ячменю ярого в основних елементах живлення свідчать про те, що в середньому за роки досліджень після попередника соя на IV етапі органогенезу рослини були достатньо забезпечені азотом за доз внесення добрив: $N_{30}P_{60}K_{60} + N_{30(IV)}$, $N_{45}P_{90}K_{90} + N_{45(IV)}$, $N_{60}P_{80}K_{80} + N_{60(IV)}$, тоді як за інших варіантів удобрення, а також на варіанті без застосування добрив відмічено середню потребу в азоті (табл. 4).

За вирощування ячменю ярого після кукурудзи на зерно, під яку вносили високі дози мінеральних добрив, середня потреба рослин в азоті була лише на варіантах із зароблянням побічної продукції попередника та без застосування добрив (контроль). Тоді як на всіх інших досліджуваних варіантах потреби в цьому елементі не виявлено (табл. 5).

Таблиця 3. Вміст загального калію в листках рослин ячменю ярого, %, середнє за 2018–2020 рр.

Варіант удобрення	Етап органогенезу		
	IV	VI	IX
Попередник соя			
Без добрив (контроль)	3,45	2,90	1,69
Побічна продукція попередника (П.п.)	3,51	2,97	1,76
П.п. + $N_{30}P_{30}K_{30}$ + мікродобриво	4,11	3,67	2,52
П.п. + $N_{30}P_{30} + N_{30}$	4,23	3,59	2,51
П.п. + $N_{30}P_{60}K_{60} + N_{30(IV)}$	4,52	3,86	2,70
П.п. + $N_{60}P_{80}K_{80} + N_{60(IV)}$	4,83	4,31	2,82
П.п. + $N_{45}P_{90}K_{90} + N_{45(IV)}$	5,39	4,28	2,88
НІР ₀₅	0,96	0,77	0,67
Попередник кукурудза на зерно			
Без добрив (контроль)	3,53	2,97	1,90
Побічна продукція попередника (П.п.)	3,66	3,04	1,83
П.п. + $N_{30}P_{30}K_{30}$ + мікродобриво	3,89	3,69	2,41
П.п. + $N_{30}P_{30}K_{30}$	3,87	3,33	2,13
П.п. + $N_{30}P_{60}K_{60} + N_{30(IV)}$	4,27	4,12	2,57
П.п. + $N_{60}P_{80}K_{80} + N_{60(IV)}$	4,90	4,78	2,92
П.п. + $N_{45}P_{90}K_{90} + N_{45(IV)}$	5,23	4,70	3,15
НІР ₀₅	0,89	1,03	0,69
Рівень забезпечення			
Дуже низький	<3,0	<2,5	<2,0
Низький	3,8	3,0	2,0
Оптимальний	4,2–5,0	3,5–4,1	2,2–2,8
Високий	>6,0	>5,0	>4

У подальшому на VI та IX етапах органогенезу рослини ячменю ярого вирощені після сої відчували істотний дефіцит в азоті у варіантах без добрив та за внесення побічної продукції, а після кукурудзи на зерно також у варіантах зі внесенням низьких доз добрив – $N_{30}P_{30}K_{30}$ та $N_{30}P_{30}K_{30} +$ мікродобриво.

За внесення $N_{30}P_{30}K_{30}$ та $N_{30}P_{30}K_{30} +$ мікродобриво, $N_{30}P_{60}K_{60} + N_{30(IV)}$ у рослин ячменю була відмічена середня потреба в азоті.

Внесення підвищених доз добрив до $N_{60}P_{80}K_{80} + N_{60(IV)}$ та $N_{45}P_{90}K_{90} + N_{45(IV)}$ за обох попередників забезпечувало збільшення вмісту цього елемента в листках рослин, і, відповідно, відсутність потреби у ньому.

Стосовно потреби у фосфорі, слід зазначити, що у середньому за роки досліджень на основних етапах органогенезу (IV, VI, IX) рослини достатньою мірою були забезпечені цим елементом живлення на всіх варіантах і попередниках, тобто індекс потреби був відсутній.

Таблиця 4. Індекс потреби в основних елементах живлення рослин ячменю ярого за попередника соя, середнє за 2018–2020 рр.

Варіант	Етап органогенезу								
	IV			VI			IX		
	N	P	K	N	P	K	N	P	K
Без добрив (контроль)	1,3	0,7	1,2	2,2	0,6	1,2	1,5	0,8	1,3
Побічна продукція попередника (П.п.)	1,3	0,6	1,2	2,0	0,6	1,2	1,4	0,7	1,3
П.п. + $N_{30}P_{30}K_{30} +$ мікродобриво	1,1	0,6	1,0	1,4	0,5	1,0	1,0	0,6	0,9
П.п. + $N_{30}P_{30}K_{30}$	1,1	0,6	1,0	1,5	0,5	1,0	1,1	0,5	0,9
П.п. + $N_{30}P_{60}K_{60} + N_{30(IV)}$	1,0	0,6	0,9	1,3	0,5	0,9	1,0	0,5	0,8
П.п. + $N_{60}P_{80}K_{80} + N_{60(IV)}$	1,0	0,6	0,9	1,0	0,4	0,8	0,9	0,4	0,8
П.п. + $N_{45}P_{90}K_{90} + N_{45(IV)}$	1,0	0,5	0,8	1,0	0,4	0,8	0,9	0,4	0,8
\bar{X}	1,1	0,6	1,0	1,5	0,5	1,0	1,1	0,6	1,0
$S\bar{x}$	0,1	0,02	0,1	0,2	0,03	0,1	0,1	0,1	0,1
$V, \%$	12,1	9,6	15,3	31,2	16,3	17,0	21,6	27,1	23,6
S	0,1	0,1	0,2	0,5	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2
$НІР_{05}$	0,2	0,1	0,2	0,6	0,1	0,2	0,3	0,2	0,3

Примітка. 1,1–1,5 середня потреба; 1,6–2,0 гостра потреба.

Таблиця 5. Індекс потреби в основних елементах живлення рослин ячменю ярого за попередника кукурудза на зерно, середнє за 2018–2020 рр.

Варіант	Етап органогенезу								
	IV			VI			IX		
	N	P	K	N	P	K	N	P	K
Без добрив (контроль)	1,2	0,6	1,2	2,1	0,7	1,2	1,6	0,6	1,2
Побічна продукція попередника (П.п.)	1,2	0,6	1,1	2,1	0,6	1,2	1,5	0,6	1,2
П.п. + $N_{30}P_{30}K_{30} +$ мікродобриво	1,0	0,6	1,1	1,8	0,5	0,9	1,4	0,6	0,9
П.п. + $N_{30}P_{30}K_{30}$	1,0	0,6	1,1	1,8	0,5	1,0	1,4	0,5	1,0
П.п. + $N_{30}P_{60}K_{60} + N_{30(IV)}$	1,0	0,5	1,0	1,3	0,5	0,8	1,0	0,5	0,9
П.п. + $N_{60}P_{80}K_{80} + N_{60(IV)}$	0,9	0,5	0,9	1,0	0,4	0,7	0,9	0,4	0,8
П.п. + $N_{45}P_{90}K_{90} + N_{45(IV)}$	0,9	0,4	0,8	1,0	0,4	0,7	0,9	0,4	0,7
\bar{X}	1,0	0,5	1,0	1,6	0,5	0,9	1,2	0,5	1,0
$S\bar{x}$	0,05	0,03	0,1	0,2	0,04	0,1	0,1	0,03	0,1
$V, \%$	12,2	14,5	13,4	28,9	20,8	23,0	24,1	17,5	19,9
S	0,1	0,1	0,1	0,5	0,1	0,2	0,3	0,1	0,2
$НІР_{05}$	0,2	0,1	0,2	0,6	0,1	0,3	0,4	0,1	0,3

Примітка. 1,1–1,5 середня потреба; 1,6–2,0 гостра потреба.

Визначення індексу потреби рослин в калії засвідчило, що після сої на всіх удобрених варіантах упродовж вегетаційного періоду мала місце середня потреба у цьому елементі, тоді як після кукурудзи на зерно на IV етапі органогенезу аналогічна закономірність відмічалась за внесення $N_{30}P_{30}K_{30}$ та $N_{30}P_{30}K_{30}$ + мікродобриво, а також на контрольному варіанті та із заорюванням рослинних решток попередника.

На більш пізніх етапах органогенезу (VI, IX) за вирощування ячменю після кукурудзи на зерно виявлена середня потреба рослин в калії лише на контрольному варіанті та за заорювання побічної продукції попередника.

Висновки

У північній частині Правобережного Лісостепу України вміст азоту, фосфору та калію в листках ячменю ярого значною мірою залежав від попередника в сівозміні та застосованої системи удобрення.

Найкраще забезпечення рослин основними поживними елементами впродовж вегетації спостерігалось після обох попередників за внесення добрив у дозі $N_{45}P_{90}K_{90}$ з додатковим внесенням N_{45} на IV етапі розвитку. Найвищі показники задоволення потреб рослин у поживних речовинах зафіксовано на варіантах зі внесенням $N_{60}P_{80}K_{80}+N_{60(IV)}$ та $N_{45}P_{90}K_{90}+N_{45(IV)}$, де індекс забезпеченості азотом становив 0,9–1,0, фосфором – 0,4–0,6, калієм – 0,7–0,9, залежно від фази розвитку. Водночас, за використання низьких доз добрив ($N_{30}P_{30}K_{30}$) забезпечення рослин азотом і калієм протягом вегетації було на середньому рівні, а у фазі трубкування на цьому варіанті виникала гостра потреба в азоті. Найнижчі показники забезпеченості поживними речовинами відмічені на ділянках без внесення добрив та за застосування лише органічного удобрення – у цих варіантах рослини відчували істотний дефіцит основних елементів живлення на всіх етапах розвитку.

ЛІТЕРАТУРА

1. Копчик З.М. Пивоварний ячмінь на Заході України (Технологія вирощування): монографія. Львів: Сполом, 2007. 151 с.
2. Жатов О.Г., Гуліга Г.В. Роль мінеральних добрив у процесі формування високоврожайного посіву ячменю. *Вісник Сумського національного аграрного університету*. 2011. Вип. 4. С. 61–64.
3. Лихочвор В.В. Рослинництво. Технології вирощування сільськогосподарських культур. Київ: Центр навчальної літератури, 2004. 808 с.
4. Лихочвор В.В., Бомба М.І., Дубровецький С.В. та ін. Довідник з вирощування зернових та зернобобових культур. Львів: Українські технології, 1999. 408 с.
5. Петриченко В.Ф., Лихочвор В.В., Іващук П.В. Зерновиробництво. Львів: НВФ Українські технології, 2008. С. 321–330.
6. Рослинництво: підручник / ред. В. Г. Влоха. Київ: Вища школа, 2005. 382 с.
7. Іщенко В.А. Вплив мінерального живлення ячменю ярого на продуктивність агроценозу під час сівби після різних попередників в умовах Степу України. *Таврійський науковий вісник*. 2021. № 119. С. 35–40.
8. Авраменко С., Манько К., Усов О., Курилов О., Бобров О. Елементи удобрення ячменю ярого. URL: <https://propozitsiya.com/ua/elementi-udobrennya-yachmenyu-yarogo> (дата звернення: 20.05.2025).
9. Дмитренко В. К. Влияние погодных условий, предшественников и удобрений на урожайность озимого ячменя. Киев: Урожай, 1988. Вип. 22. С. 52–55.
10. Гордецька С.П., Телепенько О.В. Формування продуктивності ячменю ярого залежно від добрив, сорту та погодних умов. *Збірник наукових праць Інституту землеробства УААН*. 2005. Вип. 1–2. С. 62–69.
11. Грант С. Покращене управління поживними речовинами ваших культур. *Агроном*. 2009. № 1. С. 16–24.
12. Кияк Г. С. Рослинництво. Київ: Вища школа, 1976. 398 с.
13. Авраменко С., Манько К., Усов О., Курилов О., Бобров О. Елементи удобрення ячменю ярого. *Пропозиція*. URL: <https://propozitsiya.com/articles/ahrokhimiya-dobryva/elementy-udobrennya-yachmenyu-yarogo>.
14. Лень О.І. Забезпеченість рослин ячменю ярого основними елементами живлення залежно від варіантів удобрення. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2010. № 4. С. 182–185.
15. Господаренко Г.М., Любич В.В., Невлад В.І., Гавриленко В.С. Фотосинтезувальна система рослин ячменю ярого голозерного залежно від системи удобрення. *Збірник наукових праць Уманського НУС*. 2024. Т. 105. Ч. 1. С. 294–312.
16. Господаренко Г.М., Любич В.В., Бурляй О.Л., Притуляк Р.М. Агрохімічні властивості

- чорнозему опідзоленого за різних доз азотних добрив і їх поєднання з іншими видами мінеральних добрив. *Аграрні інновації*. 2022. №14. С. 18–22.
17. Majzoobi M., Jafarzadeh S., Teimouri S., Ghasemlou M., Hadidi M., Brennan C.S. The Role of Ancient Grains in Alleviating Hunger and Malnutrition. *Foods*. 2023. Vol. 12. Article number 2213.
 18. Качура Є.В. Агроекологічне обґрунтування технологій вирощування ярого пивоварного ячменю в умовах правобережного Лісостепу України: авторефер. дис. канд. сількогосп. наук: 06.01.09. Київ, 2007. 26 с.
 19. Лісовий М.В. Підвищення ефективності мінеральних добрив. Київ: Урожай, 1991. 120 с.
 20. Лихочвор В.В. Практичні поради з вирощування зернових та зернобобових культур в умовах Західної України. Львів: НВФ Українські технології, 2001. С. 104–113.
 21. Вега Н. І. Агрохімічна оцінка сучасних систем удобрення ячменю ярого на темно-сірому опідзоленому ґрунті в західному Лісостепу України: авторефер. дис. канд. сількогосп. наук: 06.01.04. Херсон, 2017. 25 с.
 22. Гораш О.С. Управління продукційним процесом пивоварного ячменю: монографія. Кам'янець–Подільський: ПП «Медобори-2006», 2010. 392 с.
 23. Жатов О.Г., Гуліда Г.В. Роль мінеральних добрив у процесі формування високопродуктивного посіву ячменю. *Вісник Сумського аграрного університету*. 2011. Вип. 4. С. 61–64.
 24. ДСТУ ISO 5983:2003. Корми для тварин. Визначення вмісту азоту і обчислення вмісту сирого білка методом К'єльдаля (ISO 5983:1997, IDT): [Чинний від 01.10.2004]. Київ: Держспоживстандарт України, 2003. 16 с.
 25. ДСТУ ISO 6491:2004. Корми для тварин. Визначення вмісту фосфору. Спектрометричний метод (ISO 6491:1998, IDT): [Чинний від 200601- 01]. Київ: Держспоживстандарт України, 2004. 10 с.
 26. ДСТУ ISO 7485:2003. Корми для тварин. Визначення вмісту калію і натрію. Методи з використанням полуменево-емісійної спектрометрії (ISO 7485:2000, IDT): [Чинний від 20050701]. Київ: Держспоживстандарт України, 2003. 12 с.

REFERENCES

1. Корчык З.М. (2007). *Пивоварний ячмін на Західній Україні [Brewing barley in Western Ukraine]*. Lviv: Spolom [in Ukrainian].
2. Zhatov O.H., Huliha H.V. (2011). Rol mineralnykh dobryv u protsesi formuvannia vysokovrozhainoho posivu yachmeniu [The role of mineral fertilizers in the process of forming high-yielding barley crops] *Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarnoho univertsytetu*, 4, 61–64 [in Ukrainian].
3. Lykhochvor V.V. (2004). *Tekhnologii vyroshchuvannia silskohospodarskykh kultur [Crop growing technologies.]*. Kyiv: Tsentrnavchalnoi literatury [in Ukrainian].
4. Lykhochvor V.V. et al. (1999). *Dovidnyk z vyroshchuvannia zernovykh ta zernobobovykh kultur [Handbook on growing grain and legume crops.]*. Lviv: Ukrainski tekhnologii [in Ukrainian].
5. Petrychenko V.F., Lykhochvor V.V., Ivashchuk P.V. (2008). *Zernovyrobnytstvo [Grain production]*. Lviv: NVF Ukrainski tekhnologii [in Ukrainian].
6. Vlokha V.H. (2005). *Roslynnytstvo [Crop production]* Kyiv: Vyshcha shkola [in Ukrainian].
7. Ishchenko V.A. (2021). Vplyv mineralnoho zhyvlennia yachmeniu yaroho na produktyvnist ahrotse-nozu pid chas sivby pislia riznykh poperednykiv v umovakh Stepu Ukrainy [The influence of mineral nutrition of spring barley on the productivity of agrocenosis during sowing after different predecessors in the conditions of the Ukrainian Steppe] *Tavriiskyi naukovyi visnyk*, 119, 35–40 [in Ukrainian].
8. Avramenko S., Manko K., Usov O., Kurylov O. & Bobrov O. Elementy udobrennia yachmeniu yaroho [Spring barley fertilizer elements]. URL: <https://propozitsiya.com/ua/elementi-udobrennya-yachmenyu-yaroho> [in Ukrainian].
9. Dmytrenko V.K. (1988). *Vlyaniye pohodnykh uslovyi, predshestvennykh y udobrenyi na urozhainost ozymoho yachmenia [The influence of weather conditions, precursors and fertilizers on the yield of winter barley]*. Kyev: Urozhai [in Ukrainian].
10. Hordetska S.P., Telepenko O.V. (2005). Formuvannia produktyvnosti yachmeniuiaroho zalezho vid dobryv, sortu ta pohodnykh umov [Formation of spring barley productivity depending on fertilizers, variety and weather conditions]. *Zbirnyk naukovykh prats Instytutu zemlerobstva UAAN*, 1–2, 62–69. [in Ukrainian].
11. Hrant S. (2009). Uluchshenye upravleniya pytatelymy veshchestvamy vashykh kultur [Improving nutrient management of your crops]. *Ahronom*, 1, 16–24 [in Ukrainian].

12. Kyiak H. S. (1976). *Roslynyystvo [Crop production]*. Kyiv: Vyshcha shkola [in Ukrainian].
13. Kozelets H., Ishchenko V., Haidenko O. (2021). Yaryi yachmin: yak vplyvaie peredposivne vnesennia mineralnykh dobryv na vrozhaunist. Ahrobiznes sohodni [Spring barley: how pre-sowing application of mineral fertilizers affects yield. URL: <https://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/20858-yaryi-iachmin-iak-vplyvaie-peredposivne-vnesennia-mineralnykh-dobryv-na-vrozhaunist.html> [in Ukrainian].
14. Len O.I. (2010). Zabezpechenist roslyn yachmeniu yaroho osnovnymyelementamy zhyvlennia zalezho vid variantiv udobrennia [Provision of spring barley plants with essential nutrients depending on fertilization options], *VISNYK Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii* 4, 182–185 [in Ukrainian].
15. Hospodarenko H.M., Liubych V.V., Nevlad V.I. & Havrylenko V.S. (2024). Fotosyntezuvalna systema roslyn yachmeniu yaroho holozernoho zalezho vid systemy udobrennia [Photosynthetic system of spring bare-grain barley plants depending on the fertilization system] *Zbirnyk naukovykh prats Umanskoho NUS*, 105, 294–312 [in Ukrainian].
16. Hospodarenko H.M., Liubych V.V., Burliai O.L. & Prytuliak R.M. (2022). Ahrokhimichni vlastyvoli chornozemu opidzolenoho za riznykh doz azotnykh dobryv i yikh poiednannia z inshymy vydamy mineralnykh dobryv [Agrochemical properties of podzolized chernozem at different doses of nitrogen fertilizers and their combination with other types of mineral fertilizers]. *Ahrarni innovatsii*, 14, 18–22 [in Ukrainian].
17. 17. Majzobi M. et al. (2023). The Role of Ancient Grains in Alleviating Hunger and Malnutrition. *Foods*. *Articlenumber* 2213, 12 [in English].
18. 18. Kachura Ye. V. (2007). Ahroekolohichne obgruntuvannia tekhnolohii vyroshchuvannia yaroho pyvovarnoho yachmeniu v umovakh pravoberezhnoho Lisostepu Ukrainy [Agroecological substantiation of spring malting barley cultivation technologies in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine] *Extended abstract of candidate's thesis*. Kyiv [in Ukrainian].
19. Lisovyi M. V. (1991). *Pidvyshchennia efektyvnosti mineralnykh dobryv [Increasing the efficiency of mineral fertilizers]* Kyiv: Urozhai [in Ukrainian].
20. Lykhochvor V. V. (2001). Praktychni porady z vyroshchuvannia zernovykh ta zernobobovykh kultur v umovakh Zakhidnoi Ukrainy [Practical advice on growing grain and legume crops in Western Ukraine] *Lviv: NVF Ukrainski tekhnolohii*, 104-113 [in Ukrainian].
21. Veba N. I. (2017). Ahrokhimichna otsinka suchasnykh system udobrennia yachmeniu yaroho na temno-siromu opidzolenomu grunti v zakhidnomu Lisostepu Ukrainy [Agrochemical evaluation of modern spring barley fertilization systems on dark gray podzolized soil in the western Forest-Steppe of Ukraine] *Extended abstract of candidate's thesis*. Kherson [in Ukrainian].
22. Horash O. S. (2010). *Upravlinnia produktsiinym protsesom pyvovarnoho yachmeniu [Management of the malting barley production process]* Kamianets–Podilskyi: PP «Medobory-2006» [in Ukrainian].
23. Zhatov O. H., Hulida H. V. (2011). Rol mineralnykh dobryv u protsesi formuvannia vysokoproduktyvnoho posivu yachmeniu [The role of mineral fertilizers in the process of forming a highly productive barley crop] *Visnyk Sumskoho ahrarnoho universytetu*, 4, 61–64 [in Ukrainian].
24. Kormy dlia tvaryn. Vyznachennia vmistu azotu i obchyslennia vmistu syroho bilka metodom Kieldalia [Animal feedingstuffs. Determination of nitrogen content and calculation of crude protein content by the Kjeldahl method] (2003). DSTU ISO 5983:2003. (ISO 5983:1997, IDT) *from 01th October 2004*. Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy [in Ukrainian].
25. Kormy dlia tvaryn. Vyznachennia vmistu fosforu. Spektrometrychnyi metod [Animal feedingstuffs. Determination of phosphorus content. Spectrometric method] (2004). DSTU ISO 6491:2004. (ISO 6491:1998, IDT) *from 01th January 2006*. Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy [in Ukrainian].
26. Kormy dlia tvaryn. Vyznachennia vmistu kaliu i natriiu. Metody z vykorystanniam polumenevo-emisiinoi spektrometrii [Animal feedingstuffs. Determination of potassium and sodium content. Methods using flame emission spectrometry.] (2003). DSTU ISO 7485:2003. (ISO 7485:2000, IDT) *from 01th July 2005*. Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy [in Ukrainian].

Yula V.M., Kaminska V.V., Porodko M.A., Mushyk B.V., Dudka O.F.

Features of spring barley plant nutrition under different growing technologies

Aim. To assess the level of provision of spring barley plants with essential nutrients depending on the doses of applied fertilizers and the predecessor. To establish the optimal doses of fertilizer application for barley based on

the method of leaf diagnostics and determining the degree of plant need for essential nutrients in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe. **Methods.** The field experiment, visual, measure-weighting, laboratory, calculation and statistical methods were used to conduct the research. **Results.** Research conducted during 2018–2020 on dark gray podzolized coarse-dusty-light loamy soil in the conditions of the northern part of the Right-Bank Forest-Steppe showed that the fertilizer system, the use of growth stimulants and the precursor significantly affect the content of total nitrogen, phosphorus and potassium in the leaves of spring barley plants. **Conclusions.** In the northern part of the Right-Bank Forest-Steppe, the growth and development of spring barley plants significantly depends on the predecessor, the fertilization system and the optimal supply of basic nutrients during the growing season. According to the results of plant diagnostics, the best nutrition conditions were provided by the options with the application of $N_{60}P_{80}K_{80} + N_{60}$ and $N_{45}P_{90}K_{90} + N_{45}$ (IV) kg/ha of active ingredient.

Key words: fertilizers, predecessor, growth stimulants, total nitrogen content in leaves, total phosphorus content in leaves, total potassium content in leaves, index of plant nutrient requirements.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Юла В.М., кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, Національний науковий центр «Інститут землеробства Національної академії аграрних наук України», e-mail: tehnointensiv@gmail.com, ORCID: 0000-0001-7298-9522.

Камінська В.В., кандидат сільськогосподарських наук, провідний науковий співробітник, Національний науковий центр «Інститут землеробства Національної академії аграрних наук України», e-mail: kamin.59@ukr.net, ORCID: 0000-0002-0549-6581.

Породько М.А., доктор філософії, старший науковий співробітник, Національний науковий центр «Інститут

землеробства Національної академії аграрних наук України», e-mail: mporodko279@gmail.com, ORCID: 0000-0001-5930-0508.

Мушик Б.В., кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, Національний науковий центр «Інститут землеробства Національної академії аграрних наук України», e-mail: w_bogdana@ukr.net, ORCID: 0000-0002-7167-9976.

Дудка О.Ф., науковий співробітник, Національний науковий центр «Інститут землеробства Національної академії аграрних наук України», e-mail: dudkaolena68@ukr.net, ORCID: 0000-0003-2135-2032.

Yula V.M., Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher, National Research Center «Institute of Agriculture of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine», e-mail: tehnointensiv@gmail.com, ORCID: 0000-0001-7298-9522.

Kaminska V.V., candidate of agricultural sciences, senior researcher, National Scientific Center «Institute of Agriculture of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine», e-mail: kam.59@ukr.net, ORCID: 0000-0002-0549-6581.

Porodko M.A., leading agronomist, National Scientific Center «Institute of Agriculture of the National Academy

of Agrarian Sciences of Ukraine», e-mail: mporodko279@gmail.com, ORCID: 0000-0001-5930-0508.

Mushyk B.V., Candidate of Agricultural Sciences, National Scientific Center «Institute of Agriculture of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine», e-mail: w_bogdana@ukr.net, ORCID: 0000-0002-7167-9976.

Dudka O.F., researcher, National Scientific Center «Institute of Agriculture of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine», e-mail: dudkaolena68@ukr.net, ORCID: 0000-0003-2135-2032.

Надійшла 11.02.2025

ЯКІСТЬ НАСІННЯ СОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД ПОГОДНИХ УМОВ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ В ПРАВОБЕРЕЖНОМУ ЛІСОСТЕПУ

А.В. Голодна, Н.Г. Буслаєва

ННЦ «ІЗ НААН» (с-ще Чабани, Україна)

Мета. Визначити вплив погодних умов за різних варіантів технології вирощування на якість насіння сої. Аналіз закономірностей формування якості насіння надасть можливість визначити оптимальний варіант моделі технології вирощування сої та розробити заходи, що забезпечать отримання стабільно максимального збору сирого протеїну та олії з гектара. **Методи.** Польовий експеримент, лабораторні, аналітичні, математико-статистичні, порівняльно-розрахункові. **Результати.** У статті показано, що вміст олії в насінні на 47,6–65,6% залежав від середньодобової температури повітря та кількості опадів у міжфазний період бутонізація – повна стиглість. Зростання середньодобової температури повітря на 1 °C у цей період призводило до зниження вмісту олії у межах досліду на 2,2–4,4%, а зростання кількості опадів на 1 мм сприяло підвищенню її вмісту на 0,02–0,04%. Вміст сирого протеїну в насінні сої значно залежав від комплексу погодних умов у міжфазний період сходи – бутонізація. На варіантах із обробленням насіння підвищення температури повітря сприяло зростанню вмісту протеїну на 7,3–11,3%, а збільшення кількості опадів спричиняло зниження рівня показника на 0,04–0,10%. **Висновки.** В умовах Правобережного Лісостепу вміст олії та протеїну в насінні сої значно залежав від погодних умов, що складались упродовж періоду вегетації культури, а також від варіанта технології вирощування культури. У досліді найвищі показники збору сирого протеїну 1,35 т/га отримано за технології вирощування, яка включала оброблення насіння мікоризоутворювачем і протруювачем та позакореневе підживлення рослин органо-мінеральним добривом у фазі бутонізації на фоні внесення $N_{15}P_{45}K_{60}+N_{30}$. На вказаному варіанті технології вирощування сої максимальними були також показники збору олії з одиниці площі 0,82 т/га. Виявлені закономірності формування якості насіння сої від погодних умов періоду вегетації залежно від варіанта передпосівного оброблення насіння й позакореневого підживлення посіву є важливим чинником удосконалення технології вирощування культури з метою максимального збору олії та протеїну з одиниці площі.

Ключові слова: кількість опадів, мікоризоутворювач, мінеральні добрива, олія, органо-мінеральні добрива, позакореневе підживлення, протруйник, середньодобова температура повітря, сирий протеїн, сума середньодобових температур.

Вступ. Соеві боби містять 20% олії і 35–40% білка, а також забезпечують повний набір незамінних амінокислот для людини [1–3]. Сьогодні близько 76% виробленої сої використовується як недорогий якісний білок для корму тварин для виробництва м'яса та молока, лише 7% використовують безпосередньо для виробництва харчових продуктів для людини (тофу, соєве молоко та ін.), решта – для промислових цілей, переважно для виготовлення біодизелю [4]. На частку соєвої олії припадає понад 25% світового

виробництва рослинної олії (поступається лише пальмовій олії) [5; 6]. Маючи високу харчову та економічну цінність, соя є важливою продовольчою культурою на міжнародному ринку харчових продуктів [7].

Незважаючи на складну ситуацію в Україні, пов'язану з широкомасштабним вторгненням РФ у лютому 2022 р. та окупацією південних і східних регіонів, вітчизняна аграрна галузь продовжує нарощувати обсяги виробництва сої. Варто зазначити, що площі під соєю у 2022 р. зросли на 204,3 тис. га (або

на 15,4%), у 2023 р. – на 511,1 тис. га (або на 38,6%) порівняно з 2021 р.

Мета і завдання досліджень – визначити вплив погодних умов за різних варіантів технології вирощування на якість насіння сої. Аналіз закономірностей формування якості насіння надасть можливість визначити оптимальний варіант моделі технології вирощування сої, та розробити заходи, що забезпечать отримання стабільно максимального збору сирого протеїну та олії з гектара.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Останніми роками з'являється інформація про глобальні зміни клімату, які матимуть у майбутньому істотний вплив на сільськогосподарське виробництво [8; 9]. Низка дослідників [10; 11] вказують, що посилення посухи, внаслідок глобального потепління, підвищення температури повітря негативно впливає на сільськогосподарські культури, зокрема і сою, знижуючи врожайність і якість насіння.

Рекомендовані для вирощування сорти сої мають високий потенціал продуктивності, що дає змогу отримати відповідну врожайність та значний валовий збір насіння високої якості, проте у виробничих умовах його реалізація залишається низькою й нестабільною за роками [12; 13].

Для повної реалізації генетичного потенціалу сорту необхідно проводити дослідження з метою екологічної оцінки нових сортів у технологіях в умовах змін клімату, враховувати комплекс чинників, які визначають його врожайність та якість [14–16].

За вирощування сої актуальним залишається питання впровадження нових сортів із високим потенціалом продуктивності та стійкості до впливу різних біотичних і абіотичних чинників, удосконалення систем удобрення та підживлення, систем захисту рослин на основі інноваційних препаратів нового покоління, нанотехнологій тощо [17; 18].

На сьогодні важливим елементом у технології вирощування сої є система удобрення. Однак недостатньо досліджена реакція сучасних сортів сої на комплексне застосування різних видів добрив, зокрема мікробіологічних, органо-мінеральних у різних ґрунтово-кліматичних зонах України, особливо з урахуванням змін клімату.

Встановлено, що за нестабільних погодних умов, дефіциту вологи, тривалої посухи та підвищених температур повітря актуальним є використання мікоризоутворювальних біопрепаратів [19].

Глобальна зацікавленість у збільшенні виробництва сої з метою отримання протеїну та олії визначає актуальність проведення поглиблених досліджень із метою удосконалення та оптимізації агротехнічних методів її вирощування в умовах змін клімату для отримання високих і сталих урожаїв високоякісного насіння.

Матеріали та методи досліджень. Дослідження з вивчення впливу елементів погоди за різних варіантів технології вирощування на якість насіння сої проводили впродовж 2021–2023 рр. у стаціонарному досліді відділу технологій зернобобових, круп'яних і олійних культур ННЦ «ІЗ НААН».

Предметом дослідження був середньоранній сорт сої Муза, селекції ННЦ «ІЗ НААН», який включено до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні для вирощування в зонах Лісостепу та Полісся у 2015р.

Технологія вирощування культури – загальноприйнята для зони проведення досліджень, за включенням досліджуваних агрозаходів. Попередник сої – просо. Спосіб сівби – звичайний рядковий (міжряддя 15 см). Норма висіву – 750 тис. схожих насінин на гектар.

Агрохімічна характеристика темно-сірого опідзоленого ґрунту дослідної ділянки: вміст гумусу – 1,49–1,71%, вміст лужногідролізованого азоту (за Корнфілдом) – 68,6–78,4 мг N на кг ґрунту (дуже низький рівень), вміст рухомого фосфору (за Чириковим) – 140–160 мг/кг ґрунту (високий рівень), вміст рухомого калію (за Чириковим) – 55–70 мг/кг ґрунту (середній рівень) [24]. Реакція ґрунтового середовища слабокисла ($pH_{\text{con.}}$ 5,2–5,7).

Досліджувані фактори: фактор А (удобрення): без добрив (контроль), $P_{45}K_{60}$, $N_{15}P_{45}K_{60}+N_{30}$ у фазі бутонізації, $N_{45}P_{45}K_{60}$; фактор В (передпосівне оброблення насіння): без оброблення (контроль), мікоризоутворювальним біопрепаратом Мікофренд (1 л/т насіння), Мікофренд у поєднанні з протруйником Вайбранс RFC, ТН (по 1 л/т насіння); фактор С (позакореневе підживлення рослин, висіяних насінням, обробленим мікоризоутворювачем і протруйником) органо-мінеральним добривом Хелпрост Соя (2 л/га) у критичні для росту і розвитку культури фази гілкування, бутонізації та цвітіння.

Повторність досліду – чотириразова. Загальна площа під дослідом – 0,6 га, облікової ділянки – 50 м².

Методи досліджень – загальноприйняті для польових дослідів і лабораторних аналізів. Закладання

польових дослідів та виконання досліджень проводили з урахуванням вимог методики дослідної справи [20].

Опрацювання та узагальнення результатів досліджень здійснювали використовуючи статистичний, дисперсійний, кореляційний та регресійний методи математичної статистики з використанням програмних засобів Microsoft Excel та Statistica 10 [21; 22].

Показники тисноти та сили зв'язку вмісту олії та сирого протеїну з елементами погоди оцінювали за шкалою Чеддока [23].

Результати та їх обговорення. Роки проведення досліджень значно різнилися за кількістю опадів і середньодобовими температурами повітря як за період вегетації, так і міжфазними періодами росту та розвитку рослин сої (табл. 1).

Як свідчать підрахунки, найжаркішим і найвологішим був період вегетації сої у 2021 р., коли відмічали найвищу за роки досліджень середньодобову температуру повітря 21,4 °С та максимальну кількість опадів 192,2 мм. Найнижчими гідротермічні показники були у 2022 р. – відповідно 19,8 °С і 103,3 мм. У роки досліджень настання та проходження фаз розвитку

сої відбувалося в різних гідротермічних умовах, що відображалось на продуктивності сої, зокрема, якості насіння. Як свідчить аналіз отриманих результатів, вміст сирого протеїну та олії в насінні сої значно різнилися як за варіантами, так і роками проведення досліджень (табл. 2).

Встановлено, що у середньому за 2021 р. у насінні сої накопичувалось 34,8% сирого протеїну та 22,6% олії, у 2022 р. ці показники становили 37,0% і 21,4%, у 2023 р. – 38,6% і 21,5% відповідно. У середньому за роки досліджень найвищі показники збору сирого протеїну 1,35 т/га отримано за технології вирощування, яка включала оброблення насіння мікоризоутворювачем і протруювачем та позакореневе підживлення рослин органомінеральним добривом у фазі бутонізації на фоні внесення $N_{15}P_{45}K_{60} + N_{30}$. На вказаному варіанті були максимальними також і показники збору олії з одиниці площі 0,82 т/га.

З метою виявлення залежності якості насіння сої від погодних умов за різних технологій вирощування нами проведений кореляційний аналіз, головним завданням якого було визначення форми та щільності

Таблиця 1. Кількість опадів і середньодобова температура повітря у міжфазні періоди росту та розвитку сої та за період вегетації

Міжфазний період росту та розвитку	Рік	Елементи погоди		
		середньодобова температура повітря, °С	кількість опадів, мм	сума середньодобових температур повітря, °С
Сходи – 1-й трійчастий листок	2021	15,4	40,6	231,0
	2022	14,7	36,7	309,5
	2023	15,9	9,6	159,0
1-й трійчастий листок – бутонізація	2021	21,6	13,4	345,7
	2022	21,9	3,6	284,3
	2023	20,1	21,6	381,5
Бутонізація – цвітіння	2021	24,5	6,6	269,6
	2022	19,5	18,6	252,9
	2023	20,4	19,4	184,0
Цвітіння – налив бобів	2021	25,8	35,8	412,9
	2022	21,3	29,0	234,1
	2023	20,5	117,8	573,4
Налив бобів – повна стиглість	2021	19,9	95,8	995,0
	2022	21,4	15,4	1049,2
	2023	21,5	14,0	987,0
Сходи – повна стиглість	2021	21,4	192,2	2254,2
	2022	19,8	103,3	1860,0
	2023	19,7	131,8	2284,9

зв'язку між досліджуваними ознаками. Оскільки питання зв'язку між показниками за різних варіантів удобрення є більш вивченим, у цій статті увага приділена зв'язку вмісту олії та протеїну з погодними умовами у міжфазні періоди росту та розвитку рослин сої саме на варіантах передпосівного оброблення насіння та його поєднання з позакореневим підживленням.

Аналіз результатів парного кореляційного зв'язку показників якості насіння сої з елементами погоди свідчить, що за шкалою Чеддока залежність варіювала від слабкого до дуже високого рівня залежно від міжфазного періоду росту та розвитку рослин та варіанта технології вирощування (табл. 3).

Зокрема, у міжфазні періоди від сходів до бутонізації рослин сої вміст олії в насінні слабо корелював із середньодобовою температурою повітря, проте з кількістю опадів у період сходи – 1-й трійчастий на варіантах з обробленням насіння препаратами Мікофренд + Вайбранс та подальшим проведенням позакореневого підживлення Хелпрост Соя сила зв'язку зростала до помірного та високого

рівня ($r = 0,61-0,87$). У наступні міжфазні періоди – від бутонізації до наливу бобів, спостерігали високу ($r = 0,83-0,87$) та дуже високу ($r = 0,90-0,99$) тісноту зв'язку вмісту олії із середньодобовою температурою повітря. Слід зазначити, що у період наливу бобів – повна стиглість відмічено обернений кореляційний зв'язок за усіх варіантів оброблення насіння.

Напрямок і тіснота зв'язку вмісту олії з кількістю опадів також змінювались відносно періоду вегетації. Так у періоди бутонізації – цвітіння та цвітіння – наливу бобів спостерігали обернений зв'язок, проте у першому випадку сила зв'язку була дуже високою, а у іншому варіювала від слабкого до високого ($r = 0,01-0,99$) залежно від варіанта оброблення насіння. У період наливу бобів – повна стиглість відмічено прямий дуже високий зв'язок ($r = 0,89-0,99$), а у період сходи – повна стиглість сила зв'язку зростала від високого до дуже високого ($r = 0,74-0,99$) рівня.

Аналіз зв'язку вмісту олії із сумою середньодобових температур повітря виявив, що найтіснішим він був у міжфазний період бутонізації – цвітіння за оброблення насіння препаратами

Таблиця 2. Вміст сирого протеїну та олії в насінні сої залежно від удобрення та передпосівного оброблення насіння за 2021-2023 рр.

Удобрення	Оброблення насіння						Оброблення насіння (Мікофренд + Вайбранс) + позакореневе підживлення Хелпрост Соя у фазі:					
	водою (контроль)		Мікофренд		Мікофренд + Вайбранс		гілкування		бутонізації		цвітіння	
	1*	2*	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
2021 р.												
Без добрив (контроль)	36,6	21,7	34,6	23,8	34,7	23,0	35,1	23,2	35,2	22,6	33,5	23,6
P ₄₅ K ₆₀	35,6	23,2	34,6	22,3	34,7	23,6	34,7	23,9	34,3	21,0	35,1	21,5
N ₁₅ P ₄₅ K ₆₀ +N ₃₀	35,4	21,6	35,7	21,8	34,8	21,6	35,1	21,7	33,2	22,0	34,8	22,6
N ₄₅ P ₄₅ K ₆₀	34,9	22,7	35,6	22,2	33,4	23,4	33,6	23,0	34,2	22,8	36,1	22,3
2022 р.												
Без добрив (контроль)	38,1	20,2	36,2	19,4	37,6	20,0	37,6	20,7	38,5	20,1	36,7	20,6
P ₄₅ K ₆₀	38,6	20,2	37,2	21,5	35,3	22,8	36,6	21,3	35,6	22,0	35,9	22,1
N ₁₅ P ₄₅ K ₆₀ +N ₃₀	38,5	21,6	38,4	21,3	35,5	22,8	35,3	22,8	36,8	22,0	37,4	21,4
N ₄₅ P ₄₅ K ₆₀	36,1	22,7	37,3	21,2	36,8	21,9	38,1	21,2	37,0	21,8	36,0	22,0
2023 р.												
Без добрив (контроль)	38,8	20,3	39,5	21,1	39,2	20,7	39,8	20,5	39,1	20,6	39,2	20,6
P ₄₅ K ₆₀	37,9	21,6	39,6	21,5	39,1	22,2	37,6	21,7	39,4	21,6	38,1	22,0
N ₁₅ P ₄₅ K ₆₀ +N ₃₀	37,2	21,9	38,1	21,9	38,7	22,4	38,0	21,7	37,4	21,6	37,3	22,1
N ₄₅ P ₄₅ K ₆₀	37,9	22,4	38,6	21,8	39,1	21,6	38,7	20,3	39,4	20,4	38,1	21,5

Примітка. 1* вміст сирого протеїну,%; 2* вміст олії,%.

(Мікофренд+Вайбранс) + позакореневе підживлення добривом Хелпрост Соя у фазі гілкування та бутонізації ($r = 0,80-0,90$).

Кореляційна обробка багаторічних даних вмісту сирого протеїну виявила, що тіснота та напрям

зв'язку з погодними умовами змінювались як за періодами розвитку, так і відносно варіанта оброблення насіння (табл. 4).

Отримані коефіцієнти кореляції свідчать, що у перші два періоди росту та розвитку сої від сходів

Таблиця 3. Кореляційний зв'язок вмісту олії з елементами погоди у міжфазні періоди росту та розвитку рослин сої залежно від варіантів передпосівного оброблення насіння та позакореневого підживлення (2021–2023 рр.)

Елемент погоди	Оброблення насіння			Оброблення насіння (Мікофренд + Вайбранс) + позакореневе підживлення Хелпрост Соя у фазі:		
	водою (контроль)	Мікофренд	Мікофренд + Вайбранс	гілкування	бутонізації	цвітіння
Сходи – 1-й трійчастий листок						
Середньодобова температура повітря, °C	0,40	0,53	-0,02	-0,13	-0,31	0,08
Кількість опадів, мм	0,32	0,18	0,69	0,76	0,87	0,61
Сума середньодобових температур повітря, °C	-0,33	-0,47	0,09	0,20	0,38	-0,01
1-й трійчастий листок – бутонізація						
Середньодобова температура повітря, °C	0,05	-0,09	0,47	0,56	0,70	0,38
Кількість опадів, мм	0,36	0,49	-0,07	-0,17	-0,35	0,03
Сума середньодобових температур повітря, °C	0,45	0,57	0,03	-0,07	-0,26	0,13
Бутонізація – цвітіння						
Середньодобова температура повітря, °C	0,99	0,96	0,96	0,92	0,84	0,98
Кількість опадів, мм	-0,93	-0,87	-0,99	-0,99	-0,94	-0,99
Сума середньодобових температур повітря, °C	0,38	0,25	0,74	0,80	0,90	0,67
Цвітіння – налив бобів						
Середньодобова температура повітря, °C	0,90	0,83	0,99	0,99	0,96	0,99
Кількість опадів, мм	-0,14	0,01	-0,54	-0,63	-0,76	-0,46
Сума середньодобових температур повітря, °C	0,34	0,47	-0,09	-0,19	-0,37	0,01
Налив бобів – повна стиглість						
Середньодобова температура повітря, °C	-0,93	-0,87	-0,99	-0,99	-0,94	-0,99
Кількість опадів, мм	0,95	0,89	0,99	0,98	0,92	0,99
Сума середньодобових температур повітря, °C	-0,66	-0,76	-0,28	-0,18	0,01	-0,38
Сходи – повна стиглість						
Середньодобова температура повітря, °C	0,93	0,87	0,99	0,99	0,94	0,99
Кількість опадів, мм	0,99	0,99	0,91	0,86	0,74	0,94
Сума середньодобових температур повітря, °C	0,70	0,79	0,33	0,23	0,05	0,43

до бутонізації зв'язок був слабшим, порівняно з наступними періодами від бутонізації до повної стиглості.

Варто зауважити, що у періоди бутонізація – цвітіння, цвітіння – налив бобів, налив бобів – повна стиглість сила зв'язку варіювала від помітного

до дуже високого рівня. Водночас виявлено обернений зв'язок ($r = -0,70-0,99$) вмісту в насінні протеїну із середньодобовою температурою повітря у фази бутонізація – цвітіння та цвітіння – налив бобів, а з

Таблиця 4. Кореляційний зв'язок вмісту протеїну з елементами погоди у міжфазні періоди росту та розвитку рослин сої залежно від варіантів передпосівного оброблення насіння та позакореневого підживлення (2021–2023 рр.)

Елемент погоди	Оброблення насіння			Оброблення насіння (Мікофренд + Вайбранс) + позакореневе підживлення Хелпрост Соя у фазі:		
	водою (контроль)	Мікофренд	Мікофренд + Вайбранс	гілкування	бутонізації	цвітіння
Сходи – 1-й трійчастий листок						
Середньодобова температура повітря, °C	-0,05	0,35	0,50	0,33	0,31	0,42
Кількість опадів, мм	-0,63	-0,89	-0,95	-0,88	-0,87	-0,92
Сума середньодобових температур повітря, °C	-0,02	-0,41	-0,56	-0,39	-0,37	-0,48
1-й трійчастий листок – бутонізація						
Середньодобова температура повітря, °C	-0,40	-0,73	-0,84	-0,71	-0,70	-0,78
Кількість опадів, мм	0,004	0,39	0,54	0,37	0,35	0,46
Сума середньодобових температур повітря, °C	-0,10	0,29	0,46	0,27	0,26	0,37
Бутонізація – цвітіння						
Середньодобова температура повітря, °C	-0,98	-0,81	-0,70	-0,83	-0,84	-0,77
Кількість опадів, мм	0,99	0,92	0,84	0,93	0,94	0,89
Сума середньодобових температур повітря, °C	-0,69	-0,92	-0,97	-0,91	-0,90	-0,94
Цвітіння – налив бобів						
Середньодобова температура повітря, °C	-0,99	-0,95	-0,89	-0,96	-0,96	-0,93
Кількість опадів, мм	0,48	0,79	0,88	0,77	0,76	0,83
Сума середньодобових температур повітря, °C	0,02	0,41	0,56	0,39	0,37	0,48
Налив бобів – повна стиглість						
Середньодобова температура повітря, °C	0,99	0,92	0,84	0,93	0,94	0,89
Кількість опадів, мм	-0,99	-0,91	-0,82	-0,92	-0,92	-0,87
Сума середньодобових температур повітря, °C	0,35	-0,04	-0,22	-0,02	-0,004	-0,12
Сходи – повна стиглість						
Середньодобова температура повітря, °C	-0,99	-0,92	-0,84	-0,93	-0,94	-0,89
Кількість опадів, мм	-0,93	-0,72	-0,59	-0,73	-0,75	-0,66
Сума середньодобових температур повітря, °C	-0,40	-0,01	0,16	-0,03	-0,05	0,07

опадами ($r = -0,82 - ,99$) у період наливу бобів – повна стиглість.

Крім того, у період сходи – повна стиглість з обома елементами погоди чітко простежується обернений зв'язок, зокрема із середньодобовою температурою повітря він був обернений високий та дуже високий ($r = -0,84 - 0,99$), а з опадами варіював від помірного до високого ($r = -0,59 - 0,93$) рівня.

Із сумою середньодобових температур повітря найтісніший зв'язок вмісту протеїну в насінні спостерігали у міжфазний період бутонізація – цвітіння ($r = -0,69 - 0,97$).

Одержані коефіцієнти кореляції свідчать, що у періоди сходи – 1-й трійчастий листок та бутонізація –

цвітіння вміст протеїну більше залежав від кількості опадів (особливо у період бутонізація – цвітіння $r = 0,84 - 0,99$), в усі інші періоди – від середньодобової температури повітря ($r = 0,82 - 0,99$).

У процесі математичного аналізу також досліджено множинний кореляційний зв'язок показників якості сої з комплексом погодних умов (середньодобовою температурою повітря та кількістю опадів) (табл. 5, 6).

У результаті аналізу встановлено, що у період сходи – повна стиглість спостерігали помірний зв'язок як вмісту протеїну, так і олії з комплексом погодних умов ($R = 0,50 - 0,60$).

Детальний аналіз зв'язку у період від сходів до бутонізації виявив, що на варіантах без оброблення

Таблиця 5. Показники множинної кореляції вмісту олії у насінні сої з комплексом погодних умов 2021–2023 рр.

Показник	Оброблення насіння			Оброблення насіння (Мікофренд + Вайбранс) + позакореневе підживлення Хелпрост Соя у фазі:		
	водою (контроль)	Мікофренд	Мікофренд + Вайбранс	гілкування	бутонізації	цвітіння
Сходи – повна стиглість						
R	0,57	0,54	0,60	0,59	0,56	0,60
D	32,5	29,2	36,0	34,8	31,4	36,0
Сходи – бутонізація						
R	0,49	0,53	0,56	0,61	0,71	0,53
D	24,0	28,1	31,4	37,2	50,4	28,1
Бутонізація – повна стиглість						
R	0,81	0,80	0,77	0,75	0,69	0,79
D	65,6	64,0	59,3	56,3	47,6	62,4

Примітка. R – множинний коефіцієнт кореляції; D – коефіцієнт детермінації, %.

Таблиця 6. Показники множинної кореляції вмісту сирого протеїну у насінні сої з комплексом погодних умов 2021–2023 рр.

Показник	Оброблення насіння			Оброблення насіння (Мікофренд + Вайбранс) + позакореневе підживлення Хелпрост Соя у фазі:		
	водою (контроль)	Мікофренд	Мікофренд + Вайбранс	гілкування	бутонізації	цвітіння
Сходи – повна стиглість						
R	0,56	0,55	0,50	0,55	0,56	0,53
D	31,4	30,3	25,0	30,3	31,4	28,1
Сходи – бутонізація						
R	0,54	0,73	0,81	0,71	0,71	0,76
D	29,2	53,3	65,6	50,4	50,4	57,8
Бутонізація – повна стиглість						
R	0,79	0,68	0,62	0,69	0,70	0,66
D	62,4	46,2	38,4	47,6	49,0	43,6

насіння він був помірним ($R = 0,49-0,54$) як для олії, так і протеїну, проте за оброблення насіння зв'язок вмісту олії варіював від помірного до високого рівня ($R = 0,53-0,71$) (табл. 5), а вміст протеїну мав високий зв'язок з комплексом погодних умов ($R = 0,71-0,81$) за усіх варіантів оброблення насіння (табл. 6).

Слід зазначити, що вміст олії найтісніше корелював із комплексом погодних умов у період бутонізація – повна стиглість, це підтверджують коефіцієнти множинної кореляції, які визначають тісноту зв'язку ($R = 0,69-0,81$) та коефіцієнти детермінації, які є критерієм оцінки залежності, вираженої у відсотках ($D = 47,6-65,6\%$), тобто вміст олії в насінні сої у зазначений період на $47,6-65,6\%$ залежав від середньодобової температури повітря та кількості опадів.

Залежність вмісту протеїну в насінні від комплексу погодних умов найвищою була у період сходи – бутонізація, про що свідчать відповідні коефіцієнти $R = 0,71-0,81$ та $D = 50,4-65,6\%$.

Визначення періодів росту та розвитку сої з найтіснішим зв'язком дало можливість створити математичні моделі, які відтворюють залежність вмісту олії та протеїну від комплексу погодних умов у критичні

періоди. Встановлені залежності описуються рівняннями регресії, поданими у табл. 7 і 8.

Результати моделювання залежності вмісту олії в насінні від комплексу погодних умов у міжфазний період бутонізація – повна стиглість свідчать, що зростання середньодобової температури повітря на 1°C призводить до зниження вмісту олії у межах досліду на $2,2-4,4\%$, а зростання кількості опадів на 1 мм сприяє підвищенню її вмісту на $0,2-0,04\%$.

Результати моделювання залежності вмісту протеїну в насінні сої від комплексу погодних умов у період сходи – бутонізація стверджують, що на варіантах із передпосівним обробленням насіння підвищення температури повітря сприяло зростанню вмісту протеїну на $7,3-11,3\%$, а збільшення кількості опадів призводило до зниження протеїну на $0,04-0,10\%$. Інша тенденція простежується на варіанті за оброблення насіння тільки водою. У цьому випадку підвищення обох гідротермічних показників на одиницю виміру сприяє збільшенню вмісту протеїну, зокрема на $2,2\%$ за зростання середньодобової температури повітря та на $0,03\%$ за збільшення кількості опадів.

Таблиця 7. Математичні моделі залежності вмісту олії в насінні сої від комплексу погодних умов у період бутонізація – повна стиглість, 2021–2023 рр.

Оброблення насіння	
Водою (контроль)	$Y = 45,1884 - 2,1761X + 0,0515X^2 + 0,0272X_1 - 0,3221X_1^{0,5}$
Мікофренд	$Y = 52,3690 - 2,8394X + 0,0676X^2 + 0,0433X_1 - 0,5116X_1^{0,5}$
Мікофренд + Вайбранс	$Y = 53,0647 - 2,8636X + 0,0669X^2 + 0,0185X_1 - 0,2231X_1^{0,5}$
Оброблення насіння (Мікофренд + Вайбранс) + позакореневе підживлення Хелпрост Соя у фазі:	
гілкування	$Y = 69,9115 - 4,4567X + 0,1039X^2 + 0,0233X_1 - 0,2831X_1^{0,5}$
бутонізації	$Y = 46,9393 - 2,3560X + 0,0546X^2 + 0,0070X_1 - 0,0872X_1^{0,5}$
цвітіння	$Y = 48,7956 - 2,4970X + 0,0585X^2 + 0,0192X_1 - 0,2303X_1^{0,5}$

Примітка. Y – вміст олії, %; X – середньодобова температура повітря, $^\circ\text{C}$; X_1 – кількість опадів, мм.

Таблиця 8. Математичні моделі залежності вмісту сирого протеїну в насінні сої від комплексу погодних умов у період сходи – бутонізація, 2021–2023 рр.

Оброблення насіння	
Водою (контроль)	$Y = 21,8778 + 2,1722X - 0,0642X^2 + 0,0289X_1 - 0,7066X_1^{0,5}$
Мікофренд	$Y = -26,6936 + 7,7021X - 0,2177X^2 - 0,0428X_1 - 0,3227X_1^{0,5}$
Мікофренд + Вайбранс	$Y = -59,4643 + 11,3307X - 0,3181X^2 - 0,0953X_1 + 0,0130X_1^{0,5}$
Оброблення насіння (Мікофренд + Вайбранс) + позакореневе підживлення Хелпрост Соя у фазі:	
гілкування	$Y = -26,7311 + 7,6822X - 0,2174X^2 - 0,0393X_1 - 0,3723X_1^{0,5}$
бутонізації	$Y = -36,0414 + 8,8364X - 0,2503X^2 - 0,0418X_1 - 0,4797X_1^{0,5}$
цвітіння	$Y = -24,3479 + 7,2628X - 0,2046X^2 - 0,0507X_1 - 0,1489X_1^{0,5}$

Примітка. Y – вміст протеїну, %; X – середньодобова температура повітря, $^\circ\text{C}$; X_1 – кількість опадів, мм.

Одержані рівняння регресії дають змогу прогнозувати зміну показників якості сої за погодними умовами, наближеними до умов проведення досліджень.

Висновки

В умовах Правобережного Лісостепу вміст олії та протеїну в насінні сої значно залежав від погодних умов, що складались упродовж періоду вегетації культури, а також від варіанта технології вирощування культури. У досліді найвищі показники збору сирого протеїну 1,35 т/га отримано за технології вирощування, яка включала оброблення насіння

мікоризоутворювачем і протруювачем та позакореневе підживленням рослин органо-мінеральним добривом у фазі бутонізації на фоні внесення $N_{15}P_{45}K_{60}+N_{30}$. На вказаному варіанті технології вирощування сої максимальними були також показники збору олії з одиниці площі 0,82 т/га. Виявлені закономірності формування якості насіння сої від погодних умов періоду вегетації залежно від варіанта передпосівного оброблення насіння й позакореневого підживлення посіву є важливим чинником удосконалення технології вирощування культури з метою максимального збору олії та протеїну з одиниці площі.

ЛІТЕРАТУРА

1. Lee K.Y., Rahman M.S., Kim A.N. et al. Quality characteristics and storage stability of low-fat tofu prepared with defatted soy flours treated by supercritical-CO₂ and hexane. *LWT Food Sci. Technol.* 2019. 100. P. 237–243.
2. Song H., Taylor D.C., Zhang M. Bioengineering of Soybean Oil and Its Impact on Agronomic Traits. *Int J Mol Sci.* 2023. 24(3). 2256. doi: 10.3390/ijms24032256.
3. Xu R., Hu W., Zhou Y. et al. Use of near-infrared spectroscopy for the rapid evaluation of soybean [*Glycine max* (L.) Merri.] water soluble protein content. *Spectrochim. Acta A Mol Biomol Spectrosc.* 2020. 224. 117400. doi: 10.1016/j.saa.2019.117400.
4. Ritchie H. Is our appetite for soy driving deforestation in the Amazon? Our World in Data. 2021. URL: <https://ourworldindata.org/soy>.
5. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2023. Soybean production. URL: https://ourworldindata.org/grapher/soybean-production?tab=chart&country=UKR~OWID_WRL.
6. Santeramo F.G., Searle S. Linking soy oil demand from the US Renewable Fuel Standard to palm oil expansion through an analysis on vegetable oil price elasticities. *Energy Policy.* 2019. 127. P. 19–23. doi: 10.1016/j.enpol.2018.11.054.
7. Islam S.M., Muhyidiyn I., Rafiqul Islam et al. Soybean and Sustainable Agriculture for Food Security. *IntechOpen.* 2022. doi: 10.5772/intechopen.104129.
8. Alsajri F.A., Wijewardana C., Irby J.T. et al. Developing functional relationships between temperature and soybean yield and seed quality. *Agronomy Journal.* 2020. 112(1). P. 194–204. doi: <https://doi.org/10.1002/agj2.20034>.
9. Feng Z., Ding C., Li W., Wang D., Cui D. Applications of metabolomics in the research of soybean plant under abiotic stress. *Food Chem.* 2020. 310. 125914. doi: 10.1016/j.foodchem.2019.125914.
10. Gray S.B., Dermody O., Klein S.P. et al. Intensifying drought eliminates the expected benefits of elevated carbon dioxide for soybean. *Nat. Plants.* 2016. 2(9). 16132. doi: 10.1038/nplants.2016.132.
11. Jha P.K., Prasad P.V.V., Araya A., Ciampitti I.A. Estimation of Crop Genetic Coefficients to Simulate Growth and Yield Under Changing Climate, Global Agricultural Production: Resilience to Climate Change. 2023. P. 283–309. doi: 10.1007/978-3-031-14973-3_10.
12. Прус Л.І. Вплив агротехнічних заходів на продуктивність сої. *Агроекологічний журнал.* 2017. № 1. С. 62–67.
13. Рибальченко А.М. Особливості формування сортових ресурсів та урожайності сої в Україні. *Вісник Полтавської державної академії.* 2022. № 3. С. 18–25.
14. Калетнік Г.М., Браніцький Ю.Ю., Гунько І.В., Мазур О.В. Генотипні відмінності сортів сої за вмістом та виходом олії для виробництва біодизеля. *Сільське господарство та лісівництво.* 2018. № 11. С. 5–14.
15. Мазур В.А., Дідур І.М., Панцирева Г.В. Обґрунтування адаптивної сортової технології вирощування зернобобових культур в Правобережному Лісостепу України. *Сільське господарство та лісівництво.* 2020. № 3(18). С. 5–16. doi: 10.37128/2707-5826-2020-3-1.
16. Міленко О.Г., Соломон Ю.В., Вегеренко В.С. Вплив агротехнічних факторів на урожайність сої. *Вісник Полтавської державної аграрної академії.* 2022. № 2. С. 119–126. doi: <https://doi.org/10.31210/visnyk2022.02.14>.
17. Мазур В.А., Гончарук І.В., Дідур І.М. та ін. Інноваційні аспекти технологій вирощування, зберігання і переробки зернобобових культур: монографія. Вінниця: Нілан-ЛТД, 2021. 180 с.

18. Заболотний Г.М., Мазур В.А., Циганська О.І. та ін. Агробіологічні основи вирощування сої та шляхи максимальної реалізації її продуктивності: монографія. Вінниця, 2020. 276 с.
19. Begum N., Qin C., Ahanger M.A. et al. Role of Arbuscular Mycorrhizal Fungi in Plant Growth Regulation: Implications in Abiotic Stress Tolerance. *Front. Plant Sci.* 2019. 10. 1068. doi: 10.3389/fpls.2019.01068
20. Єщенко В.О., Копитко П.Г., Опришко В.П., Костогриз П.В. Основи наукових досліджень в агрономії. Київ: Дія, 2005. 288 с.
21. Огірко О.І., Галайко Н.В. Теорія ймовірностей та математична статистика: навч. посіб. Львів: ЛьвДУВС, 2017. 292 с.
22. Бишовець Н.Г., Кузьмичов А.І., Куценко Г.В. та ін. Ймовірнісне та статистичне моделювання в Excel для прийняття рішень: навч. посіб. Київ: Видавництво Ліра-К, 2019. 200 с.
23. Теорія статистики: курс лекцій / Сторожук В.П., Кустовська О.В., Ткач Є.І., Шост І.М. та ін.; За ред. Ткача Є.І. Тернопіль: Економічна думка, 2006. Частина 1. 224 с.

REFERENCES

1. Lee, K.Y., Rahman, M.S., Kim A.N., et al. (2019). Quality characteristics and storage stability of low-fat tofu prepared with defatted soy flours treated by supercritical-CO₂ and hexane. *LWT Food Sci. Technol.*, 100, 237–243 [in English].
2. Song, H., Taylor, D.C., Zhang, M. (2023). Bioengineering of Soybean Oil and Its Impact on Agronomic Traits. *Int J Mol Sci*, 24(3), 2256. doi: 10.3390/ijms24032256 [in English].
3. Xu, R., Hu, W., Zhou, Y. et al. (2020). Use of near-infrared spectroscopy for the rapid evaluation of soybean [*Glycine max* (L.) Merri.]. Water soluble protein content. *Spectrochim. Acta A Mol Biomol Spectrosc.*, 224, 117400. doi: 10.1016/j.saa.2019.117400 [in English].
4. Ritchie, H. (2021). Is our appetite for soy driving deforestation in the Amazon? Our World in Data. URL: <https://ourworldindata.org/soy> [in English].
5. Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2023). Soybean production. URL: https://ourworldindata.org/grapher/soybean-production?tab=chart&country=UKR~OWID_WRL [in English].
6. Santeramo, F., Searle, S. (2019). Linking soy oil demand from the US Renewable Fuel Standard to palm oil expansion through an analysis on vegetable oil price elasticities. *Energy Policy*, 127, 19–23. doi: 10.1016/j.enpol.2018.11.054 [in English].
7. Islam, S.M., Muhyidiyn, I., Rafiqul Islam, et al. (2022). Soybean and Sustainable Agriculture for Food Security. *IntechOpen*. doi: 10.5772/intechopen.104129 [in English].
8. Alsajri F.A., Wijewardana C., Irby J.T. et al. (2020). Developing functional relationships between temperature and soybean yield and seed quality. *Agronomy Journal*, 112(1), 194–204. doi: <https://doi.org/10.1002/agj2.20034> [in English].
9. Feng Z., Ding C., Li W., Wang D., Cui D. (2020). Applications of metabolomics in the research of soybean plant under abiotic stress. *Food Chem.*, 310, 125914. doi: 10.1016/j.foodchem.2019.125914 [in English].
10. Gray S.B., Dermody O., Klein S.P. et al. (2016). Intensifying drought eliminates the expected benefits of elevated carbon dioxide for soybean. *Nat. Plants.*, 2(9), 16132. doi: 10.1038/nplants.2016.132 [in English].
11. Jha P.K., Prasad P.V.V., Araya A., Ciampitti I.A. (2023). Estimation of Crop Genetic Coefficients to Simulate Growth and Yield Under Changing Climate, *Global Agricultural Production: Resilience to Climate Change*. P. 283–309. doi: 10.1007/978-3-031-14973-3_10 [in English].
12. Prus L.I. (2017). Vplyv ahrotekhnichnykh zakhodiv na produktyvnist soi. *Ahroekolohichnyi zhurnal*, 1, 62–67 [in Ukrainian].
13. Rybalchenko A.M. (2022). Osoblyvosti formuvannya sortovykh resursiv ta urozhainist soi v Ukraini. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi akademii*, 3, 18–25 [in Ukrainian].
14. Kaletnik H.M., Branitskyi Yu.Iu., Hunko I.V., Mazur O.V. (2018). Henotypni vidminnosti sortiv soi za vmistom ta vykhodom olii dlia vyrobnytstva biodyzelia. *Silske hospodarstvo ta lisivnytstvo*, 11, 5–14 [in Ukrainian].
15. Mazur V.A., Didur I.M., Pantsyeva H.V. (2020). Obruntuvannya adaptyvnoi sortovoi tekhnolohii vyroshchuvannya zernobovykh kultur v Pravoberezhnomu Lisostepu Ukrainy. *Silske hospodarstvo ta lisivnytstvo*, 3(18), 5–16. doi: 10.37128/2707-5826-2020-3-1 [in Ukrainian].
16. Milenko O.H., Solomon Yu.V., Veherenko V.S. (2022). Vplyv ahrotekhnichnykh faktoriv na urozhainist soi. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii*, 2, 119–126. doi: <https://doi.org/10.31210/visnyk2022.02.14> [In Ukrainian].
17. Mazur V.A., Honcharuk I.V., Didur I.M. та ін. (2021). Innovatsiini aspekty tekhnolohii vyroshchuvannya, zberihannya i pererobky zernobovykh kultur: monohrafia. Vynnytsia: Nilan-LTD, 180 p. [in Ukrainian].
18. Zabolotnyi H.M., Mazur V.A., Tsyhanska O.I. та ін. (2020). Ahrobiolohichni osnovy vyroshchuvannya soi

- ta shliakhy maksimalnoi realizatsii yii produktyvnosti: monohrafiia. Vinnytsia, 276 p. [in Ukrainian].
19. Begum N., Qin C., Ahanger M.A. et al. (2019). Role of Arbuscular Mycorrhizal Fungi in Plant Growth Regulation: Implications in Abiotic Stress Tolerance. *Front. Plant Sci.*, 10, 1068. doi: 10.3389/fpls.2019.01068 [in English].
 20. Yeshchenko V.O., Kopytko P.H., Opryshko V.P., Kostohryz P.V. (2005). *Osnovy naukovykh doslidzhen v ahronomii*. Kyiv: Diiia. 288 p. [in Ukrainian].
 21. Ohirko O.I., Halaiko N.V. (2017). *Teoriia ymovirnosti ta matematychna statystyka: navch. posib*. Lviv: LvDUVS, 292 p. [in Ukrainian].
 22. Byshovets N.H., Kuzmychov A.I., Kutsenko H.V. et al. (2019). *Ymovirnisne ta statystychnе modeliuвання v Excel dlia pryiniattia rishen: navch. posib*. Kyiv: Vydavnytstvo Lira-K, 200 p. [in Ukrainian].
 23. *Teoriya statystyky: kurs lektsiy (2006)*. / Storozhuk V.P., Kustovska O.V., Tkach Ye.I., Shost I.M. et al. in.; Za red. Tkacha Ye.I. Ternopil: Ekonomichna dumka. Chastyna 1. 224 p. [in Ukrainian].

Golodna A.V., Buslayeva N.H.

Quality of soybean seeds depending on weather conditions and cultivation technology in the Right-Bank Forest-Steppe

Aim. To determine the impact of weather conditions under different cultivation technology variants on soybean seed quality. Analyzing the patterns of seed quality formation will make it possible to identify the optimal model of soybean cultivation technology and to develop measures that ensure consistently maximum yields of crude protein and oil per hectare. **Methods.** Field experiment, laboratory analyses, analytical methods, mathematical and statistical analysis, and comparative-calculation approach. **Results.** The article demonstrates that the oil content in soybean seeds was 47.6–65.6% dependent on the average daily air temperature and precipitation amount during the budding – full maturity interphase period. An increase in average daily air temperature by 1°C during this period led to a reduction in oil content within the experiment by 2.2–4.4%, while an increase in precipitation by 1 mm contributed to an increase in oil content by 0.02–0.04%. The crude protein content in soybean seeds was significantly influenced by the combination of weather conditions during the emergence – budding interphase period. In the variants with seed treatment, a rise in air temperature promoted an increase in protein content by 7.3–11.3%, whereas an increase in precipitation resulted in a decrease in this indicator by 0.04–0.10%. **Conclusions.** Under the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe, the oil and protein content in soybean seeds significantly depended on the weather conditions during the vegetation period, as well as on the specific variant of the crop cultivation technology. In the experiment, the highest crude protein yield of 1.35 t/ha was obtained using a cultivation technology that included seed treatment with a mycorrhiza-forming agent and a seed dressing agent, along with foliar feeding with an organo-mineral fertilizer during the budding phase, on the background of N15P45K60+N30 application. This cultivation variant also demonstrated the highest oil yield per unit area 0.82 t/ha. The identified patterns of seed quality formation in relation to weather conditions during the vegetation period, depending on the type of pre-sowing seed treatment and foliar feeding, represent an important factor in improving soybean cultivation technology to maximize oil and protein yield per unit area.

Key words: precipitation amount, mycorrhiza-forming agent, mineral fertilizers, oil, organo-mineral fertilizers, foliar feeding, seed dressing agent, average daily air temperature, crude protein, sum of average daily temperatures.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

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

Буслаєва Н. Г., кандидат с.-г. наук, с. н. с., старший науковий співробітник ННЦ «Інститут землеробства НААН», e-mail: nataliyabuslaeva@ukr.net; ORCID: 0000-0003-4956-7801.

Golodna 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, ORCID : 0000-0002-7775-8229.

Buslayeva N.H., PhD in Agricultural Sciences, Senior Research Scientist at the National Scientific Center «Institute of Agriculture of the NAAS», e-mail: nataliyabuslaeva@ukr.net, ORCID: 0000-0003-4956-7801.

Надійшла 25.02.2025

ПРОДУКТИВНІСТЬ СІЯНОГО ЗЛАКОВОГО ТРАВСТОЮ ЗАЛЕЖНО ВІД ДОЗ І СПІВВІДНОШЕНЬ АЗОТУ, ФОСФОРУ І КАЛІЮ ДОБРІВ

В.Г. Кургак¹, У.М. Карбівська²

¹ННЦ «ІЗ НААН» (с-ще Чабани, Україна)

²Прикарпатський національний університет ім. Василя Стефаника (м. Івано-Франківськ, Україна)

Мета. Встановити специфіку формування врожаю сіяного злакового травостою на дерново-підзолистому ґрунті залежно від норм і співвідношення основних поживних елементів мінеральних добрив. **Методи.** Польовий, лабораторний та методи математичної статистики. **Результати.** У середньому за 2017–2019 рр. встановлено, що для формування лінійного росту та продуктивності сіяних злакових трав (тимофійка лучна, стоколос безостий, костриця лучна) найбільший вплив мав азот. Так, за внесення азоту в дозі N_{25} під перший укіс висота рослин зростає від 56–59 см до 77–80 см, що становить приріст у 1,4 рази, а за дози N_{50} – до 91–93 см, або у 1,6 рази. Сумарне внесення азоту в дозі N_{75} (по N_{25} під кожен із трьох укосів) у поєднанні з різними фонами фосфорно-калійного удобрення забезпечило приріст урожайності злакового травостою від 2,53–3,47 т/га до 5,35–6,53 т/га сухої маси, що становить збільшення на 2,82–3,06 т/га, або у 1,8–2,1 рази. За внесення N_{150} ($50+50+50$) урожайність досягала 7,46–8,80 т/га, що перевищувало контроль на 4,93–3,33 т/га, або у 2,5–2,9 рази. Найвищу загальну продуктивність травостою отримано за внесення N_{150} . Однак найбільш економічно ефективною була доза N_{75} , яка забезпечила найвищу окупність 1 кг азоту – 38–41 кг сухої маси, що на 3–5 кг більше порівняно з дозою N_{150} . **Висновки.** На основі використання сучасних підходів до планування та моделювання експерименту побудовано математичну модель продуктивності злакових травостой залежно від доз азоту, фосфору та калію, що описується квадратним рівнянням (поліномом другого ступеня). Ця модель дає змогу з високою точністю прогнозувати врожайність лучних угідь та оцінювати ефективність мінерального удобрення.

Ключові слова: травостій, урожайність, лінійний ріст, рентабельність добрив, елементи живлення, удобрення.

Вступ. Поряд із нарощуванням обсягів виробництва фуражного зерна та впровадженням інтенсивних технологій у польовому кормовиробництві, важливе місце у формуванні стабільної кормової бази для тваринництва посідають природні кормові угіддя. У багатьох випадках вони забезпечують основні потреби в зелених кормах у літній період, а також є джерелом отримання дешевих трав'яних кормів, як-от сіно, сінаж тощо. Наразі в Україні налічується близько 6,6 млн га природних сіножатей і пасовищ, зокрема в лісостеповій зоні – близько 1,7 млн га, що становить 16% від загальної площі сільськогосподарських угідь, які представлено різноманітними типами та класами [1–3].

Однак недостатній рівень матеріально-технічного забезпечення сільськогосподарських підприємств, особливо в частині забезпечення добривами,

негативно впливає на продуктивність природних кормових угідь. Використання мінеральних добрив сприяє підвищенню їх урожайності та покращанню забезпечення тваринництва якісними зеленими кормами влітку й поживними трав'яними кормами в стійловий період. За умов дотримання технологій поліпшення з використанням добрив і раціонального використання, природні кормові угіддя можуть гарантувати врожайність на рівні 5–7 т/га корм. од., а за умов зрощення – до 10 т/га і більше. Втім наразі в регіоні врожайність лучних угідь залишається низькою – лише 1,3–1,5 т/га корм. од., а їх частка у загальному виробництві кормів не перевищує 15% [4–6].

Все це призводить до недобору кормів, що загалом негативно відбивається на кормовій базі тваринництва. З питань вивчення природних особливостей

лучних екосистем, розробці наукових основ створення, удобрення і раціонального використання лучних угідь проведено багато досліджень [7–10].

Важливим чинником істотного зростання продуктивності природних кормових угідь та покращання якісних показників кормової продукції є застосування мінеральних добрив. Водночас у лісостеповій зоні України, на природних угіддях із сірими лісовими ґрунтами, майже не здійснювались комплексні дослідження щодо розробки ефективних систем удобрення та моделювання продуктивності цих угідь. Проведене дослідження і спрямовано на розв'язання зазначених наукових завдань.

Мета досліджень. Визначити закономірності формування лінійного росту, ботанічної структури та урожайності сіяного злакового травостою на дерново-підзолистому ґрунті залежно від норм і співвідношення основних мінеральних поживних елементів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Найвищу ефективність мінеральні добрива демонструють за умови їх внесення в оптимальних дозах, які визначаються з урахуванням типу луків, ботанічного складу травостою, ґрунтово-кліматичних умов та інших чинників. Для розрахунку таких доз використовуються різні підходи, зокрема балансово-розрахунковий, економіко-математичний, хімічна діагностика на основі аналізу рослин, а також методи, що ґрунтуються на рекомендаціях науково-дослідних установ [11–15]. Визначення ефективних норм добрив для сіножатей і пасовищ базується на даних польових досліджень, які становлять основу для наукових рекомендацій і гарантують економічну й екологічну доцільність їх застосування.

Згідно з результатами досліджень Левінгтонської дослідної станції, ефективність азотного живлення безпосередньо залежить від тривалості вегетаційного періоду трав. Для орієнтовного розрахунку норм азоту рекомендовано використовувати підхід, за яким середня здатність трав до ефективного засвоєння становить приблизно 2,5 кг N на добу [1; 11; 12].

Оптимізація доз і співвідношень основних елементів живлення можлива завдяки економіко-математичному методу, що передбачає застосування математичних моделей продуктивності. Такі моделі компактно відображають взаємозв'язки між нормами та пропорціями поживних речовин і рівнем урожайності в умовах певного типу лук і клімату. Крім того, моделі дають можливість вирішувати комплекс завдань: прогнозувати врожайність, оцінювати

економічну, агротехнологічну та енергетичну ефективність застосування добрив, техніки та методів їх внесення, а також формувати нормативи мінерального живлення для луків і пасовищ [14; 15].

Для розв'язання цих завдань необхідно мати велику інформативність польових дослідів, виконуючи їх за спеціально спланованими великими громіздкими багатофакторіальними схемами. Не зважаючи на це, економіко-математичні методи в останні десятиріччя почали застосовуватись в агрохімічних дослідженнях із використанням планування експериментів із добривами спеціальних оптимальних скорочених схем [1; 14; 15]. Це дало можливість кількість варіантів у агрохімічних дослідах та затрати коштів і ресурсів на їх виконання скоротити в кілька разів.

Для визначення кількісного зв'язку між урожайністю та дозами внесених поживних елементів рекомендовано використовувати математичну модель із ступенями 0,5 і 1 для окремих факторів та 0,5 – для їхніх парних взаємодій. Така модель точніше, ніж традиційна квадратична, відображає різке зростання врожайності за середніх доз і поступове – за високих. Водночас, на практиці найпоширенішою залишається класична квадратична функція «урожай–добриво», яку застосовують для прогнозування врожайності залежно від доз і співвідношень основних поживних елементів як в Україні, так і в країнах Європи. Під час планування польових досліджень і визначення рівнів удобрення обов'язково враховується початковий вміст поживних речовин у ґрунті. Квадратичне рівняння (поліном другого ступеня) забезпечує достатню точність для обґрунтування доз добрив, прогнозування врожайності й оцінки якості та економічної доцільності їх внесення.

Матеріали та методи досліджень. Дослідження проведено впродовж 2017–2019 рр. на дослідному полігоні дендропарку «Дружба» Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника, де ґрунтовий покрив представлений дерново-підзолистим ґрунтом на схилі північно-західної експозиції крутизною 1–3°. У 0–10 і 10–20 см шарах цього ґрунту міститься 2,0 і 2,4% гумусу, лужногідролізованого азоту – 6,86 і 3,92 мг/кг, P_2O_5 – 7,8–3,8, K_2O – 6,0 і 5,2 мг/кг, $pH_{\text{сол}}$ – 4,20 і 3,75, гідролітична кислотність – 56,8 і 54,2 мг-екв./кг сума увібраних основ – 112–107 мг-екв./кг.

Дослід щодо вивчення впливу доз і співвідношень мінеральних добрив – азоту, фосфору та калію – на продуктивність сіяного злакового травостою було

закладено та проведено відповідно до методики планування експериментів із використанням d-оптимізованої скороченої схеми. Дослід включав такі комбінації: без добрив, $P_{60}K_{90}$, $P_{30}K_{45}$, $P_{60}K_{90}$; N_{75} , $N_{75}P_{60}$, $N_{75}K_{90}$, $N_{75}P_{30}K_{45}$, $N_{75}P_{60}K_{90}$; N_{150} , $N_{150}P_{60}$, $N_{150}K_{90}$, $N_{150}P_{30}K_{45}$, $N_{150}P_{60}K_{90}$. У його проведенні застосовано загальновідомі методологічні підходи [16], а також можливості методу математичного планування та моделювання трифакторного експерименту, де кожен з елементів добрив (азот, фосфор, калій) розглядається як окремих фактор, а їх дози – як параметри на трьох рівнях. Замість повного факторного плану з 27 варіантами, для оптимізації дослідження було відібрано 15 варіантів внесення добрив [1].

Дослід із формуванням злакового травостою закладено у 2016 р., коли було висіяно травосуміш з костриці лучної сорт Менчульська з нормою висівання 8 кг/га, тимофіївки лучної – Карпатська – 6 і стоколосу безостого сорт Марс, 12 кг/га (разом 26 кг/га).

Мінеральні добрива у роки користування вносили поверхнево у вигляді аміачної селітри, фосфорні – гранульованого суперфосфату і калійні – калімагнезю. Фосфор і калій вносили в один строк рано навесні. Азот у дозах N_{75} і N_{150} – в три терміни рівними частинами під кожний укіс.

У дослідженні передбачалося триукісне використання травостоїв: перший укіс проводили у фазі колосіння злаків, а наступні – у міру відростання, через 35–45 днів після попереднього. Скошування здійснювали з урахуванням досягнення відповідної фази вегетації доміантним компонентом травостою.

У межах польових дослідів виконували обліки та спостереження згідно з такими методиками: фенологічні спостереження робили за уніфікованою методикою з використанням цифрової шкали Задокса для визначення стадій розвитку основного компонента багаторічних злакових трав; висоту рослин вимірювали шляхом визначення середнього значення за 10 зразками кожного виду на двох несуміжних повтореннях; ботанічний склад агрофітоценозів у середньому за всі укоси оцінювали описом травостою під час кожного укосу з використанням фотографічних еталонів проективного покриття відповідно до ДСТУ 4687:2007 [17].

Урожайність визначали ваговим методом – зважували зелену масу з подальшим перерахунком на вихід сухої речовини, кормових одиниць, сирого протеїну, обмінної та валової енергії згідно з ДСТУ 8044:2015 [18]. Вміст сухої речовини визначали термостатно-ваговим

методом за температури 105 °С відповідно до ДСТУ 4674:2006 [19]. Вміст сирого протеїну, кормових одиниць та обмінної енергії у кормі розраховували на основі фактичної поживної цінності, енергоємності та перетравності сухої речовини *in vitro* згідно з ДСТУ 8066:2015 [20].

Обробку результатів досліджень здійснювали із застосуванням дисперсійного та регресійного аналізів, а також методів варіаційної статистики за допомогою персонального комп'ютера з використанням програмного забезпечення Statistica 6 [21].

Математичну модель продуктивності (урожайності) досліджуваного злакового агрофітоценозу залежно від доз та співвідношень мінеральних добрив – азоту, фосфору й калію – представлено у вигляді поліному другого ступеня, загальна форма якого має вигляд [1]:

$$y = a_0 + a_1N + a_2P + a_3K + a_4N^2 + a_5NP + a_6NK + a_7P^2 + a_8PK + a_9K^2,$$

де y – урожайність сухої маси травостою, ц/га; a_0, \dots, a_9 – коефіцієнти рівняння, які визначені при математичному моделюванні і відображають ступінь впливу кожного елемента живлення та їх взаємодію на урожайність лучного угіддя; N, P, K – доза діючої речовини, відповідно азоту, фосфору і калію, ц/га.

Результати та їх обговорення. Як відомо, мінеральні добрива істотно впливають на видовий склад лучних травостоїв. Результати наших досліджень ботанічного складу сіяного злакового травостою, до складу якого входили костриця лучна, тимофіївка лучна та стоколос безостий, за різних доз і співвідношень мінеральних добрив NPK, свідчать про наявність певних закономірностей у трансформації складу травостою під впливом удобрення.

Серед сіяних злакових видів у травостої найстійкішим виявився стоколос безостий, тоді як тимофіївка лучна мала найменшу стабільність. У середньому за 2017–2019 рр. частка стоколосу безостого в структурі врожаю становила 38–59%, причому зі зростанням доз азотних добрив його частка зростала. Порівняно з ділянками без внесення азоту, за внесення N_{150} на різних фосфорно-калійних фонах частка стоколосу безостого збільшилась на 9–14%. Вміст тимофіївки лучної залишався стабільним на рівні 6–7% та не залежав від рівня удобрення. Частка костриці лучної коливалася в межах 22–31%, але під впливом азотного удобрення дещо знижувалась. Зі збільшенням дози азоту також зростала сумарна частка злакових

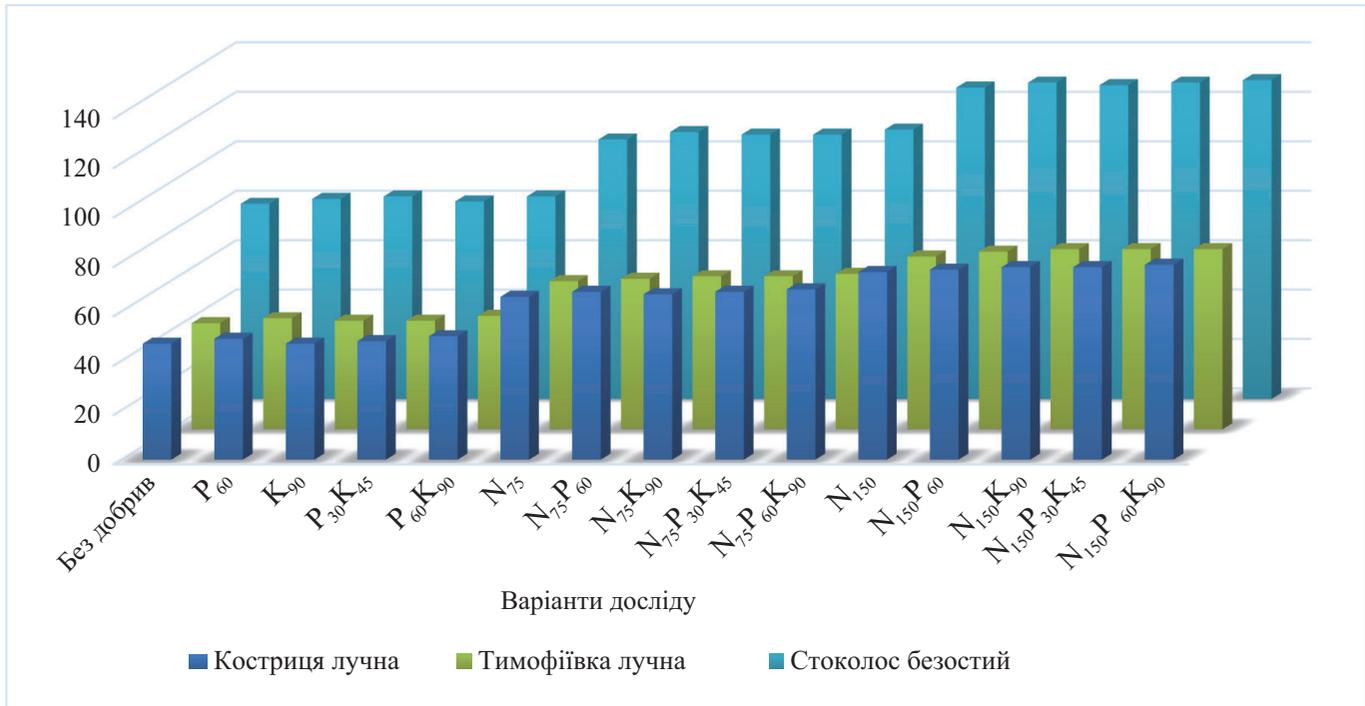


Рис. 1. Висота компонентів злакового травостою у 1-му укосі залежно від доз і співвідношень NPK добрив, см (середнє за 2017–2019 рр.)

у врожаї, водночас зменшувалася частка різнотрав'я. Застосування фосфорних і калійних добрив істотно вплинуло на ботанічний склад травостою не мало.

Отримані результати свідчать, що лінійне зростання компонентів злакового травостою передусім визначалося рівнем азотного живлення (рис. 1).

У середньому за роки досліджень та всі три компоненти травосуміші в першому укосі, внесення азоту в дозі N_{25} сприяло підвищенню висоти рослин із 56–59 см до 77–80 см, а за внесення N_{50} – до 91–93 см, що відповідало зростанню в 1,3 т і 1,7 раза відповідно. Усі злакові види трав виявили високу чутливість до азотного живлення. Зокрема, за внесення N_{25} висота стоколосу безостого зростає від 79–82 см до 105–109 см, а за N_{50} – до 126–129 см. Тимофіївка лучна подовжувалася від 43–46 см до 60–63 см за N_{25} та до 70–73 см за N_{50} . У костриці лучної відповідні показники становили 47–50 см, 66–69 см та 76–79 см.

Фосфорні та калійні добрива мали незначний вплив на лінійне зростання трав. Серед досліджуваних видів найвищу середню висоту демонстрував стоколос безостий – 105 см. Тимофіївка лучна була найнижчою (59 см), а костриця лучна займала проміжне положення з середньою висотою 64 см.

Аналіз результатів наших досліджень, проведених упродовж 2017–2019 рр. з вивчення доз і співвідношень NPK мінеральних добрив на продуктивність

показав, що на сіяному злаковому травостої найбільш діючим мінеральним поживним елементом виявився азот (рис. 2).

У середньому за 2017–2019 рр. внесення сумарної дози азоту N_{75} на різних фосфорно-калійних фонах сприяло підвищенню продуктивності злакового травостою від 2,53–3,47 т/га до 5,35–6,53 т/га сухої маси, що становило приріст на 2,82–3,06 т/га, або в 1,8–2,1 раза. Під час застосування вищої дози азоту N_{150} (по 50 кг/га в кожному укосі) урожайність досягла 7,46–8,80 т/га, що відповідало приросту на 3,33–4,93 т/га, або в 2,5–2,9 раза порівняно з контролем. Найвищу продуктивність трав'яного корму отримано саме за внесення азоту в дозі N_{150} .

Однак ефективність використання добрив, зокрема окупність 1 кг діючої речовини азоту приростом сухої маси, була вищою за внесення дози N_{75} (табл. 1). У цьому варіанті 1 кг азоту забезпечував приріст 38–41 кг сухої маси, що на 3–5 кг перевищувало показники варіанта з дозою N_{150} .

Фосфорні та калійні добрива мали менш виражений вплив на продуктивність сіяного злакового травостою порівняно з азотними. Приріст урожайності від застосування фосфору в дозі P_{60} на різних рівнях азотного живлення становив 0,28–0,56 т/га, водночас окупність 1 кг діючої речовини сягала 5–9 кг сухої маси. Внесення калію у дозі K_{90} забезпечувало

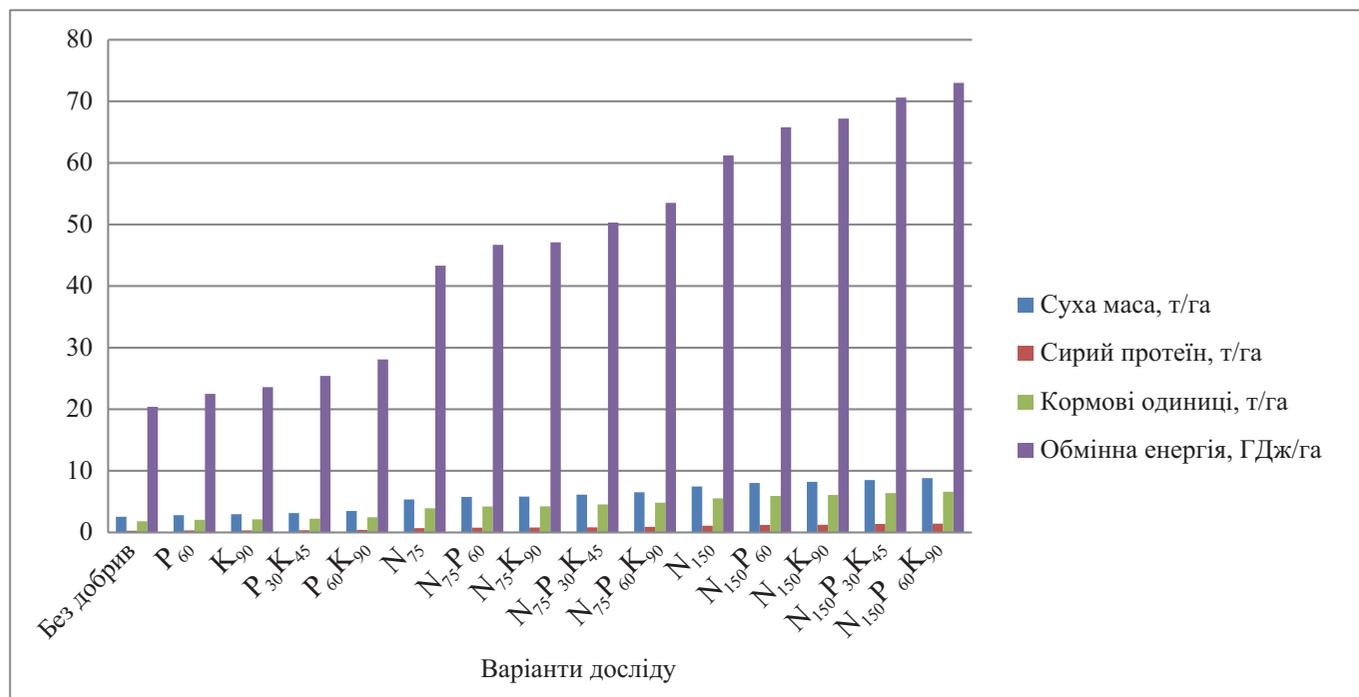


Рис. 2. Вплив доз і співвідношень NPK добрив на продуктивність злакового травостою (2017–2019 рр.)

приріст урожаю в межах 0,42–0,74 т/га з окупністю 5–8 кг сухої маси на 1 кг діючої речовини.

Сумісне застосування фосфорних і калійних добрив у повних (P₆₀K₉₀) та половинних (P₃₀K₄₅) дозах на різних азотних фонах сприяло збільшенню

Таблиця 1. Окупність 1кг діючої речовини мінеральних добрив сухою масою на сіяному злаковому травостої, залежно від доз і співвідношень NPK, кг (середнє за 2017–2019 рр.)

Дози добрив	Діюча речовина мінеральних добрив		
	N	P, K, PK	NP, NK, NPK
Без добрив	–	–	–
P ₆₀	–	5	–
K ₉₀	–	5	–
P ₃₀ K ₄₅	–	8	–
P ₆₀ K ₉₀	–	6	–
N ₇₅	38	–	–
N ₇₅ P ₆₀	39	7	24
N ₇₅ K ₉₀	38	5	20
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₅	40	10	24
N ₇₅ P ₆₀ K ₉₀	41	8	18
N ₁₅₀	33	–	–
N ₁₅₀ P ₆₀	35	9	26
N ₁₅₀ K ₉₀	35	8	24
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₅	36	14	27
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₉₀	36	9	21

продуктивності травостою на 0,60–1,34 т/га сухої маси, а окупність 1 кг діючої речовини у той самий час становила 6–14 кг. Зазначено, що дещо вищі прирости врожайності та ефективність використання фосфорних і калійних добрив спостерігалися на фоні застосування азоту, а з підвищенням його доз ці показники зазвичай зростали.

Виявлено також позитивний синергетичний ефект від поєданого застосування фосфорних і калійних добрив, особливо на тлі різних доз азотного живлення. До того ж сумісне внесення добрив у дозі P₃₀K₄₅ забезпечувало вищу окупність урожаю сухої маси на одиницю діючої речовини порівняно з повною дозою P₆₀K₉₀.

Проміжне місце за ефективністю використання добрив, визначеною за показником окупності, посідало комбіноване застосування азотних добрив разом із фосфорними та калійними. У цьому випадку окупність 1 кг діючої речовини добрив становила 18–27 кг сухої маси. Дещо вищі значення цього показника спостерігались за сумісного внесення добрив у дозі N₁₅₀ порівняно з N₇₅.

Найвищу продуктивність злакового травостою забезпечило одночасне внесення азоту, фосфору та калію у максимальних досліджених дозах – N₁₅₀P₆₀K₉₀. За цього варіанта урожай сухої маси становив 8,80 т/га, що у 3,5 раза перевищувало врожайність на контролі без добрив.

Залежність продуктивності (Y) у т/га злакового травостою від доз і співвідношень N, P, K описується рівнянням другого ступеня:

$$Y = 2,53 + 4,22 N - 0,58 N^2 - 0,08 P + 1,04 P^2 + 2,13 K - 1,84 K^2 + 0,20 NP + 0,16 NK + 0,36 PK,$$

де N, P, K відповідно дози азоту, фосфору і калію, ц/га.

Математична модель достовірна за критерієм Фішера (F) і Стьюдента на 95% рівні ймовірності. F фактичне дорівнює 1488 за F табличному 6. Множинний коефіцієнт кореляції дорівнює 0,997. Графічно цю модель показано на рис. 3.

Ця модель дає можливість не лише прогнозувати продуктивність та агротехнологічну ефективність застосування на сіяному злаковому травостої мінеральних добрив, а й визначати дози мінеральних добрив на бідних дерново-підзолистих ґрунтах Карпатського регіону.

Продуктивність сіяного злакового травостою істотно змінювалася залежно від року використання. Найвищі показники урожайності були зафіксовані у 2017 р. – першому році експлуатації травостою і другому році життя багаторічних трав. У цей період урожай сухої маси на різних варіантах удобрення становив від 2,71 до 9,28 т/га, що перевищувало аналогічні показники 2019 р. (третій рік використання) на 10%, де урожайність сягала 2,30–8,38 т/га. Упродовж усіх років досліджень найбільшу продуктивність фіксували за застосування дози N_{150} на однакових фосфорно-калійних фонах, тоді як найменшу – у варіантах без азотного удобрення. Максимальні показники продуктивності в усі роки були досягнуті

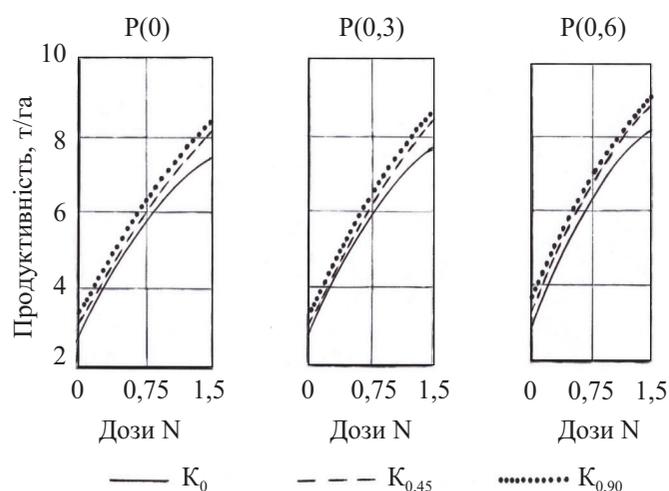


Рис. 3. Продуктивність злакового травостою залежно від доз і співвідношень N, P, K мінеральних добрив

Примітка. N, P, K – відповідно азот, фосфор і калій у т/га.

за внесення повної дози добрив ($N_{150}P_{60}K_{90}$), мінімальної – у контрольному варіанті без добрив.

Виявлена закономірність зміни продуктивності травостою за виходом сухої маси з 1 га повністю зберігалась і для інших показників – урожайності сирової маси, кормових одиниць та обмінної енергії. На сталих рівнях фосфору і калію найвищі результати за всіма показниками забезпечувало внесення азоту в дозі N_{150} . Зокрема, у середньому за три роки урожайність сирового протеїну за такого удобрення зростала від 0,27–0,40 до 1,09–1,41 т/га (в 3,5–4,0 рази), кормових одиниць – від 1,82–2,46 до 5,52–6,60 т/га (в 2,7–3,0 рази), а обмінної енергії – від 20,4–28,1 до 61,2–73,0 ГДж/га (в 2,6–3 рази) залежно від варіантів внесення фосфорно-калійних добрив.

Під час внесення N_{75} вихід з 1 га сирового протеїну за різних варіантів фосфорно-калійного удобрення збільшився до 0,70–0,90 т/га, що у 2,3–2,6 рази більше порівняно з варіантом без добрив, корм. од. – до 3,91–4,83 т/га (в 1,9–2,1 рази), а обмінної енергії – до 43,3–53,5 ГДж/га (в 1,9 рази).

Найвищу продуктивність за виходом поживних речовин і сухої маси забезпечило внесення найбільших досліджених доз мінеральних добрив – $N_{150}P_{60}K_{90}$. За цього варіанта з 1 га було одержано 1,41 т сирового протеїну, що у 5,2 рази перевищує показник контролю (без добрив), 6,60 т/га корм. од. та 73,0 ГДж/га обмінної енергії – у 3,6 рази більше, ніж без удобрення.

Згідно з нашими результатами, внесення азотних добрив, особливо рівномірно під кожний із трьох укосів, сприяло не лише зростанню урожайності по кожному укосі, а й істотно підвищувалась рівномірність розподілу врожаю між ними. У досліді, що вивчав дози та співвідношення NPK, найбільш рівномірний розподіл маси між укосами отримано за дози азоту N_{150} (табл. 2), де коефіцієнт варіації становив лише 5–7%. У цьому випадку частка першого укосі дорівнювала 35%, другого – 33–34, а третього – 31–32%.

За внесення азоту в дозі N_{75} із різними комбінаціями фосфорних і калійних добрив нерівномірність між укосами була вищою – на рівні 10–13%, а частка першого укосі становила 36–37%, другого – 33–34, третього – 31–32%.

На різних фонах внесення фосфору і калію найменш рівномірним розподіл урожаю за укосами був у варіантах без внесення азотних добрив. У цьому разі нерівномірність розподілу урожаю за укосами становила 30–31% з часткою 1-го укосі 40–41%, 2-го – 38–39 і 3-го – 21–22%.

Таблиця 2. Розподіл урожаю сухої маси за укосами злакового травостою залежно від варіантів удобрення, середнє за 2017–2019 рр.

Удобрення	Т/га			%			V,%
	1 укіс	2 укіс	3 укіс	1 укіс	2 укіс	3 укіс	
Без добрив	1,01	0,96	0,56	40	38	22	30
P ₆₀	1,12	1,10	0,59	40	39	21	31
K ₉₀	1,21	1,12	0,62	41	38	21	30
P ₃₀ K ₄₅	1,25	1,22	0,66	40	39	21	30
P ₆₀ K ₉₀	1,39	1,35	0,73	40	39	21	31
N ₇₅	1,97	1,82	1,56	37	34	29	10
N ₇₅ P ₆₀	2,07	1,90	1,79	36	33	31	11
N ₇₅ K ₉₀	2,09	1,92	1,80	36	33	31	12
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₅	2,21	2,02	1,90	36	33	31	13
N ₇₅ P ₆₀ K ₉₀	2,35	2,15	2,03	36	33	31	12
N ₁₅₀	2,61	2,54	2,31	35	34	31	7
N ₁₅₀ P ₆₀	2,81	2,65	2,56	35	33	32	5
N ₁₅₀ K ₉₀	2,87	2,64	2,69	35	33	32	7
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₅	2,98	2,81	2,71	35	33	32	5
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₉₀	3,08	2,82	2,90	35	33	32	5
НІР ₀₅	0,15	0,14	0,13	–	–	–	–

V,% – нерівномірність розподілу урожаю за укосами, виражена коефіцієнтом варіації.

Внесення азотних добрив у дозі N₇₅ порівняно з варіантом без внесення добрив зменшує нерівномірність розподілу урожаю за укосами на 17–20%, а за внесення N₁₈₀ – на 23–26%.

Аналіз абсолютних показників продуктивності за укосами показав, що закономірність, яка отримана в сумі за всі укоси зберігалась і в кожному укосі. Найбільшою вона була в усіх укосах за внесення по N₅₀ під укіс. Вихід з 1 га сухої маси у цьому разі у 1-му укосі збільшився від 1,01–1,39 до 2,61–3,08 т, 2-му – від 0,96–1,35 до 2,54–2,82 т і 3-му – від 0,56–0,73 до 2,31–2,90 т або відповідно в 2,2–2,5, 2,1–2,6 і 4,0–4,1 раза більше порівняно з варіантом без внесення добрив. За внесення по N₂₅ під кожний укіс порівняно з варіантом без внесення добрив вихід з 1 га сухої маси збільшився за укосами відповідно до 1,97–2,35, 1,82–2,15 і 1,56–2,03 т, або в 1,7–2,0, 1,6–1,9 і 2,8 раза. Отже, найбільше зростання продуктивності від внесення азотних добрив відбулось у 3-му укосі, що обумовлено значно гіршим відростанням трав в отавах у варіантах без внесення азоту порівняно з його внесенням.

Незалежно від варіантів удобрення найбільшу продуктивність одержано у 1-му укосі і найменшу – у 3-му. Однак, ця різниця між 1-м і 3-м укосами була

різною залежно від варіантів удобрення. Найбільшою різниця між 1-м і 3-м укосом була у варіантах без внесення азотних добрив. У цьому разі вихід з 1 га сухої маси у 1-му косі становив 1,01–1,39 т, що порівняно з 3-м укосом в 1,8–1,9 раза більше. У варіантах із внесенням азотних добрив у дозі N₂₅ вихід з 1 га сухої маси у 1-му укосі становив 1,97–2,35 т, а N₅₀ – 2,61–3,08, що в 1,1–1,3 раза більше порівняно з 3-м укосом. 2-й укіс за рівнем продуктивності між 1-м і 3-м укосами займав проміжне положення.

Висновки

З-поміж мінеральних елементів за впливом на продуктивність сіяного злакового найдієвішим є азот. За внесення сумарної дози в дозі N₇₅ на різних фонах фосфорно-калійних добрив продуктивність злакового травостою підвищується від 2,53–3,47 т/га до 5,35–6,53 т/га сухої маси, або на 2,82–3,06 т/га чи в 1,8–2,1 раза, а за внесення N₁₅₀₍₅₀₊₅₀₊₅₀₎ – до 7,46–8,80 т/га, або на 4,93–3,33 т/га чи в 2,5–2,9 раза.

Вищу продуктивність трав'яного корму забезпечує внесення N₁₅₀. Втім, окупність 1 кг азоту добрив урожаєм сухої маси вища за внесення N₇₅. За внесення цієї дози окупність 1 кг азоту добрив сухою масою становить 38–41 кг, або на 3–5 кг більше порівняно з внесенням азоту у дозі N₁₅₀.

Приріст урожаю від застосування фосфору у дозі P_{60} на різних азотних фонах коливався в межах від 0,28 до 0,56 т/га з окупністю 1 кг діючої речовини 5–9 кг сухої маси. Приріст урожаю від внесення калію у дозі K_{90} на різних азотних фонах дорівнював 0,42–0,74 т/га з окупністю 1 кг діючої речовини 5–8 кг сухої маси.

Встановлена залежність продуктивності злаково-го травостою від доз і співвідношень N, P, K мінеральних добрив описується рівнянням другого ступеня, яка дає змогу не лише прогнозувати продуктивність та агротехнологічну ефективність застосування на сіяному злаковому травостої мінеральних добрив, а й визначати дози мінеральних добрив.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кургак В.Г. Лучні агрофітоценози. Київ: ДІА, 2010. 374 с.
2. Кургак В.Г. Лукопасовищні угіддя – основа стабільності агроландшафту. *Кормові ресурси природних екосистем: монографія*. Київ: Аграрна наука, 2023. С.123–193. DOI: 10.31073/978-966-540-584-9.
3. Марцінко Т.І. Вплив удобрення на продуктивність та ботаніко-господарський склад сіяних лучних агроценозів. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2020. Вип. 68 (1). С. 135–145.
4. Карбівська У. М. Вплив добрив на ботанічний склад різностиглих злакових трав в умовах Прикарпаття. *Агроекологічний журнал*. № 2. 2020. С. 91–97.
5. Марцінко Т.І. Формування сіяних лучних фітоценозів Передкарпаття залежно від удобрення. *Вісник аграрної науки*. 2023. №3 (840). С. 35–38.
6. Карасевич Н.В., Дзюбайло А.Г., Марцінко Т.І., Бегей С.С., Сладковська Т.А. Динаміка щільності бобово-злакового травостою залежно від удобрення в умовах Передкарпаття. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2024. Вип. 75(1). С.67–80. DOI:10.32636/01308521.2024-(75)-1-6.
7. Пилипів Н.І. Структура врожаю сіяного бобово-злакового травостою залежно від видового складу та удобрення. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2022. Вип. 71 (2). С. 153–170. DOI: 10.32636/01308521.2022-(71)-2-10.
8. Оліфірович В. О. Продуктивність багаторічних агрофітоценозів залежно від складу травосумішок і режиму їх використання. *Вісник аграрної науки*. 2018. № 3 (780). С. 13–17. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201803-02.2>.
9. Оліфірович В.О., Лесик О.Б., Маковійчук С.Д. Створення та ефективне використання багаторічних сіяних агрофітоценозів на ерозійно небезпечних схилістих землях. *Вісник аграрної науки*. 2023. №10 (847). С. 62–68.
10. Оліфірович В.О. Ефективність азотного удобрення на багаторічному злаковому лучному агрофітоценозі в умовах південної частини Лісостепу Західного. *Вісник аграрної науки*. 2021. №2 (825). С. 33–38. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202112-04>.
11. Кургак В. Г., Карбівська У. М. Вплив добрив на продуктивність злакового лучного агрофітоценозу в умовах Прикарпаття. *Землеробство*. Вип. 2 (97). 2019. С. 122–135.
12. Кургак В.Г., Гаврик С.С. Вплив мінеральних добрив та режимів використання на продуктивність злакового травостою. *Агробіологія*. Вип. 5 (84). 2011. С. 56–58.
13. Productivity and quality of diverse ripe cereal grass fodder depending on the methods of soil cultivation / U. Karbivska et al. *Acta agrobotanica*. 2020. Vol. 74, № 2. P. 1–11.
14. Weggler K., Thumm U., Elsaesser M. Development of Legumes After Reseeding in Permanent Grassland, as Affected by Nitrogen Fertilizer Applications. *Agriculture*. 2019. V. 9. Is. 10. 207. URL: <https://www.mdpi.com/2077-0472/9/10/207>.
15. Гаврик С.С. Вплив мінеральних добрив на продуктивність сіяного злакового травостою. *Вісник аграрної науки*. 2012. № 9. С. 67–69.
16. Єщенко В.О., Копитко П.Г., Опришко В.П., Костогриз П.В. Основи наукових досліджень в агрономії. Київ: Дія, 2005. 288 с.
17. ДСТУ 4687:2007. Природні кормові угіддя. Метод ботанічного обстеження травостою. Київ: Держспоживстандарт України, 2008. 15 с.
18. ДСТУ 8044:2015. Угіддя природні кормові. Методи визначення продуктивності. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2018. 12 с.
19. ДСТУ 4674:2006. Сіно. Технічні умови. Київ: Держспоживстандарт України, 2008. 15 с.
20. ДСТУ 8066:2015. Корми для сільськогосподарських тварин. Методи визначення енергетичності і поживності. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2017. 12 с.
21. Ермантраут Е.Р., Присяжнюк О.І., Шевченко І.Л. Статистичний аналіз агрономічних дослідних даних в пакеті Statistica-6. *Методичні вказівки*. Київ, 2007. 55 с.

REFERENCES

- Kurhak V.G. (2010). Meadow agrophytocenoses. Kyiv: DIA. 374 p. [in Ukrainian].
- Kurhak V.G. (2023). Section 3. Meadow grasslands – the basis of agrolandscape stability. Fodder resources of natural ecosystems: monograph. Kyiv: Agrarian science, 123–193. DOI: 10.31073/978-966-540-584-9 [in Ukrainian].
- Marcinko T.I. (2020). The influence of fertilizer on the productivity and botanical and economic composition of sown meadow agrocenoses. *Foothill and mountain agriculture and livestock*, 68 (1), 135–145 [in Ukrainian].
- Karbiwska U.M. (2020). The influence of fertilizers on the botanical composition of different-maturing cereal grasses in the conditions of the Carpathians. *Agroecological Journal*, 2, 91–97 [in Ukrainian].
- Marcinko T. I. (2023). Formation of sown meadow phytocenoses of the Carpathians depending on fertilization. *Bulletin of Agrarian Science*, 3 (840), 35–38 [in Ukrainian].
- Karasevych N.V., Dziubailo A.H., Martsinko T.I., Behei S.S., Sladkovska T.A. (2024). Dynamika shchilnosti bobovo-zlakovoho travostoiu zalezno vid udobrennia v umovakh Peredkarpattia. *Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynystvo*, 75 (1), 67–80. DOI: 10.32636/01308521.2024-(75)-1-6[in English].
- Pylypiv N.I. (2022). Struktura vrozhaiu siianoho bobovo-zlakovoho travostoiu zalezno vid vydovoho skladu ta udobrennia. *Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynystvo*, 71 (2), 153–170. DOI: 10.32636/01308521.2022-(71)-2-10[in English].
- Olifirovych V. O. (2018). Productivity of perennial agrophytocenoses depending on the composition of grass mixtures and the mode of their use. *Bulletin of Agrarian Science*, 3 (780), 13–17. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201803-02.2> [in Ukrainian].
- Olifirovych V.O., Lesyk O.B., Makoviychuk S.D. (2023). Creation and effective use of perennial sown agrophytocenoses on erosion-prone sloping lands. *Bulletin of Agrarian Science*, 10 (847), 62–68 [in Ukrainian].
- Olifirovych V.O. (2021). The effectiveness of nitrogen fertilizer on perennial cereal meadow agrophytocenosis in the conditions of the southern part of the Western Forest-Steppe. *Bulletin of Agrarian Science*, 2 (825), 33–38. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202112-04> [in Ukrainian].
- Kurhak V. G., Karbiwska U. M. (2019). The influence of fertilizers on the productivity of cereal meadow agrophytocenosis in the conditions of the Carpathian region. *Agriculture*, 2 (97), 122–135 [in Ukrainian].
- Kurhak V. G., Gavryk S. S. (2011). The influence of mineral fertilizers and application regimes on the productivity of cereal grasses. *Agrobiology*, 5 (84), 56–58 [in Ukrainian].
- Productivity and quality of diverse ripe cereal grass fodder depending on the methods of soil cultivation (2020)./ U. Karbiwska et al. *Acta agrobotanica*, 74, 2, 1–11 [in English].
- Wegler K., Thumm U., Elsaesser M. (2019). Development of Legumes After Reseeding in Permanent Grassland, as Affected by Nitrogen Fertilizer Applications. *Agriculture*, 9, 10, 207. URL: <https://www.mdpi.com/2077-0472/9/10/207> [in English].
- Gavryk S.S. (2012). The influence of mineral fertilizers on the productivity of sown cereal grasses. *Bulletin of Agricultural Science*, 9, 67–69 [in Ukrainian].
- Yeshchenko V.O., Kopytko P.H., Opryshko V.P., Kostohryz P.V. (2005). Osnovy naukovykh doslidzhen v ahronomii. Kyiv: Diia, 288 p. [in Ukrainian].
- DSTU 4687:2007. (2008). Natural forage lands. Method of botanical examination of grass stands. Kyiv: Derzhspozhyvstandart of Ukraine. 15 p. [in Ukrainian].
- DSTU 8044:2015. (2018). Natural forage lands. Methods for determining productivity. Kyiv: State Enterprise «UkrNDNTs». 12 p. [in Ukrainian].
- DSTU 4674:2006. (2008). Hay. Technical conditions. Kyiv: Derzhspozhyvstandart of Ukraine. 15 p. [in Ukrainian].
- DSTU 8066:2015. (2017). Feed for farm animals. Methods for determining energy intensity and nutritional value. Kyiv: State Enterprise «UkrNDNTs». 12 p. [in Ukrainian].
- Ermantraut E.R., Prysyzhnyuk O.I., Shevchenko I.L. (2007). Statistical analysis of agronomic research data in the Statistica-6 package. Methodological guidelines. Kyiv. 55 p. [in Ukrainian].

Kurhak V. G., Karbiwska U.M.***Productivity of sowed cereal grass depends on the doses and ratio of nitrogen, phosphorus and potassium fertilizers***

Aim. To establish the peculiarities of crop formation by sown cereal grasses on sod-podzolic soil, depending on the doses and ratios of the main nutrient elements of mineral fertilizers. **Methods.** Field, laboratory, mathematical

statistics. **Results.** It was shown that on average for 2017–2019 on linear growth and productivity on sown cereal grasses from timothy grass, awnless fescue and meadow fescue, nitrogen was the most effective mineral nutrient. When applying N_{25} under the 1st mowing, the height of cereal grasses increased on average from 56–59 to 77–80, or 1.4 times, and when applying N_{50} – to 91–93 cm or 1.6 times. When applying its total dose of N_{75} with distribution under each of the three mowing of N_{25} on different backgrounds of phosphorus-potassium fertilizers, the productivity of cereal grasses increased on average over three years from 2.53–3.47 t/ha to 5.35–6.53 t/ha of dry matter or by 2.82–3.06 t/ha or 1.8–2.1 times, and when applying $N_{150(50+50+50)}$ – to 7.46–8.80 t/ha or by 4.93–3.33 t/ha or 2.5–2.9 times. The highest productivity of grass fodder was obtained with the application of N_{150} . However, the payback of 1 kg of nitrogen fertilizers by dry mass yield was higher with the application of N_{75} . With the application of this dose, the payback of 1 kg of nitrogen fertilizers by dry mass was 38–41 kg or 3–5 kg more compared to the application of nitrogen at the dose of N_{150} . **Conclusions.** Using modern methods of planning and modeling of the experiment, a mathematical model of the productivity of cereal grass stands depending on the doses and ratios of nitrogen, phosphorus and potassium of mineral fertilizers was developed, which is described by a quadratic mathematical function (polynomial of the second degree), which with sufficient accuracy makes it possible not only to determine doses, predict the yield of meadows depending on them, but also, based on the predicted yield, to assess the effectiveness of the application of mineral fertilizers.

Key words: cereal grass stands, productivity, linear growth, payback of fertilizers, nutrients, fertilizers.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Кургак В.Г., доктор сільськогосподарських наук, професор, ННЦ «Інститут землеробства НААН», e-mail: kurgak_luki@ukr.net, ORCID: 0000-0003-2309-0128.

Карбівська У.М., доктор сільськогосподарських наук, професор, Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника, e-mail: uliana.karbivska@pnu.edu.ua, ORCID: 0000-0002-0540-8887.

Kurhak V.G., doctor of agricultural sciences Sciences, professor, Chief Researcher of NSC «Institute of Agriculture NAAS», e-mail: kurgak_luki@ukr.net, ORCID: 0000-0003-2309-0128.

Karbivska U.M., doctor of Agriculture Sciences, professor, Vasyl Stefanyk Precarpathian National University, e-mail: uliana.karbivska@pnu.edu.ua, ORCID: 0000-0002-0540-8887.

Надійшла 22.02.2025

ЕФЕКТИВНІСТЬ ПІДЖИВЛЕНЬ У ФОРМУВАННІ ВРОЖАЮ ПРОСА ЗВИЧАЙНОГО В ПРАВОБЕРЕЖНОМУ ЛІСОСТЕПУ

Р.Є. Грищенко, М.В. Гордієнко

ННЦ «ІЗ НААН» (с-ще Чабани, Україна)

Мета. З'ясувати особливості формування продуктивності проса залежно від варіантів основного удобрення та його поєднання з позакореневим підживленням мікродобривами у технології вирощування. **Методи.** Польовий експеримент, лабораторний, аналітичний, математико-статистичний, порівняльно-розрахунковий. **Результати.** В агроценозі максимальну висоту (139,5 см), найбільшу надземну біомасу (29,7 г/росл.) та кількість гілочок другого порядку формували рослини проса на фоні внесення $N_{45}P_{60}K_{60} + N_{15}$ та позакореневого підживлення у фазі кушення мікродобривом Браман мультикомплекс (2 л/га). За проведення позакореневого підживлення рослин мікродобривом Браман мультикомплекс відмічали приріст урожаю зерна, відповідно, 0,22 т/га на варіанті без застосування добрив, та 0,49 т/га – на варіанті зі внесенням $N_{45}P_{60}K_{60} + N_{15}$. Загалом максимальну врожайність у досліді 5,01 т/га за показника на контролі 3,09 т/га отримали на варіанті технології вирощування, який передбачав внесення $N_{45}P_{60}K_{60} + N_{15}$ та проведення позакореневого підживлення рослин на IV етапі органогенезу мікродобривом Браман мультикомплекс. **Висновки.** За вирощування проса звичайного сорту Заповітне в умовах Правобережного Лісостепу на темно-сірому опідзоленому крупнопилувато-легкосуглинковому ґрунті найбільш ефективним технологічним прийомом є поєднання внесення $N_{45}P_{60}K_{60} + N_{15}$ та проведення позакореневого підживлення рослин на IV етапі органогенезу мікродобривом Браман мультикомплекс (2,0 л/га). Виявлені закономірності росту, розвитку та формування продуктивності проса залежно від системи удобрення є важливим чинником для подальшого удосконалення технології його вирощування.

Ключові слова: висота рослин, мікродобрива, надземна маса, продуктивність, технологія вирощування.

Вступ. Просо звичайне є цінною харчовою та кормовою культурою [1], а також стратегічною культурою в питанні продовольчої безпеки країни [2]. Потенціал продуктивності сортів проса звичайного сягає 10–12 т/га, а середня врожайність в Україні впродовж багатьох років не перевищує 2,0–3,0 т/га [3]. Тому, одним із найважливіших завдань аграрної науки є максимальне зменшення такого розриву, особливо зважаючи на істотні кліматичні зміни, які спостерігаємо останні десятиліття [1; 4; 5].

Мета досліджень. З'ясувати особливості формування продуктивності проса залежно від варіантів основного удобрення та його поєднання з позакореневим підживленням мікродобривами у технології вирощування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Просо – досить вимоглива до ґрунтової родючості

культура. Така вимогливість зумовлена слабким розвитком і значно нижчою здатністю його кореневої системи засвоювати поживні речовини, порівняно із іншими зерновими культурами [6; 7].

Розвиток рослин та їх продуктивність залежить від багатьох чинників, серед яких одним із найважливіших є забезпеченість рослин елементами живлення [8]. З урожаєм 1 т зерна та відповідною кількістю побічної продукції просо звичайне виносить з ґрунту азоту – 30 кг, фосфору – 15, калію – 35 кг, 10 кг кальцію та 7,5 кг магнію [6; 8; 9].

Вимогливість проса до родючості ґрунту обумовлена також коротким періодом споживання основних елементів живлення. Найбільш активне засвоєння поживних речовин відбувається від фази кушення до цвітіння, а в період фази стеблуння, коли відбувається посилений ріст і формування генеративних

органів, у рослину надходить близько 70% азоту, 60% фосфору і практично увесь необхідний калій [10; 11].

Система удобрення є однією із фундаментальних блоків усього технологічного процесу, незалежно від ґрунтової відміни і зони вирощування. Основною вимогою за вирощування проса є оптимізація режиму живлення і повне забезпечення потреб рослини у макро- і мікроелементах упродовж періоду вегетації культури у найбільш критичні періоди росту і розвитку [12; 13]. Дефіцит або відсутність одного з необхідних для розвитку елементів, призводить до голодування та затримки росту рослин, наднормовий вміст мікро- і макроелементів стають токсичними для культури [14].

Найефективнішим способом регулювання режиму живлення культури є внесення в ґрунт мінеральних добрив. Для нормального росту і розвитку рослинам потрібен достатній запас легкозасвоюваних поживних речовин. Як вказує Беленіхіна А.В., у досліді найбільший приріст урожайності (0,64–0,69 т/га) було одержано від застосування добрив на фоні післядії гною і мінеральних добрив у дозі $N_{60}P_{60}K_{60}$ [10].

Велике значення для формування продуктивності проса має азот. На сірих лісових ґрунтах, як вважає О. Любич та ін., найбільш економічно вигідною дозою азоту є 60–90 кг/га. Авторами доведено, що одноразове внесення азоту не повною мірою задовольняє потреби рослин упродовж періоду вегетації, ефективним є поетапне підживлення рослин у фазі кушення (дозою не більше 25% від норми) – IV етап органогенезу, та на VII етапі органогенезу, що сприяло підвищенню врожайності проса на 0,5–0,7 т/га [15].

Для оптимізації мінерального живлення проса важливим є використання в системі удобрення мікродобрив. Мікроелементи, які входять до складу мікродобрив, беруть участь у багатьох фізіологічних та біохімічних процесах у рослинах [13; 16]. Застосування хелатних багатокомпонентних сполук у відповідні фази росту та розвитку проса дає можливість швидко усунути дефіцит елементів живлення, підвищити імунітет рослин і стійкість до різних стресових ситуацій. Необхідність внесення мікродобрив обумовлена і тим, що останнім часом скоротилося застосування органічних добрив, які були основним джерелом надходження мікроелементів до ґрунту [6]. Як вважає низка авторів [17; 18], найефективніший метод унесення мікроелементів – позакореневе підживлення шляхом обприскування рослин у критичні фази розвитку. У дослідженнях Р. Вожевої проведення

позакореневого підживлення посівів проса мікродобривами Нановіт Супер та Еколист багатокомпонентний підвищило його врожайність на 0,35 т/га [19]. Основними застережними заходами під час обробки рослин по листках є використання препаратів у ранковий або вечірній час, у похмуру погоду з метою уникнення прямих сонячних променів [18].

Матеріали та методи досліджень. Дослідження оптимізації доз та строків внесення азотних добрив, а також препаратів для позакореневого підживлення рослин проводили в умовах Лісостепу України на типових для зони ґрунтах – на темно-сірому опідзоленому крупнопилувато-легкосуглинковому. Згідно з ДСТУ 4362:2004 [20] ґрунт дослідної ділянки характеризується низьким вмістом гумусу, дуже низьким вмістом азоту, що гідролізується, високим вмістом фосфору, низьким вмістом калію. За кислотністю ґрунти відносяться до слабокислих та близьких до нейтральних.

Фосфорні й калійні добрива вносили восени під основний обробіток ґрунту, азотні – навесні у строки і в дозах, передбачених схемою досліду. Схема досліду включала два фактори: фактор А – удобрення: без добрив (контроль); $N_{60}P_{60}K_{60}$; $N_{60}P_{60}K_{60}$ + позакореневе підживлення рослин Майстер Агро (IV е. о.) у нормі 0,7 кг/га; $N_{60}P_{60}K_{60}+N_{15}$ (IV е. о.); фактор Б – позакореневе підживлення рослин препаратом Брамман 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, солону якої подрібнювали і заробляли в ґрунт дисковими зняряддями, а восени заорювали на глибину оранки. Агротехніка відповідала рекомендацій у зоні проведення досліджень технології вирощування круп'яних культур, за винятком агрозаходів, що вивчали.

Дослід закладено та проведено дослідження у відповідності з методикою проведення польових дослідів [21].

Результати та їх обговорення. Серед біометричних показників у наукових дослідженнях значна увага приділяється висоті рослин. Це пов'язано із важливою роллю стебла у формуванні врожаю за рахунок участі в процесах транспортування та перетворення органічних і мінеральних речовин, фотосинтезу, а також завдяки розміщенню на стеблі генеративних органів. Спостерігаючи за динамікою формування висоти

рослин за етапами органогенезу, можна робити висновки про умови росту і розвитку рослин у ценозі [22].

Крім основного внесення макроелементів, на висоту рослин проса впливали також позакореневі підживлення мікроелементами, азотними добривами та погодні умови, які складались у роки досліджень упродовж періоду вегетації [23].

Отримані нами результати досліджень позакореневого підживлення мікродобривами на висоту рослин проса показали, що їх вплив був неоднаковим за роками досліджень. Висота рослин різнилася, щодо чинників, поставлених на вивчення. Внесення мінеральних добрив впливало на ріст рослин у фазі стеблуння і підвищувало його висоту в середньому за роками на 16,3%, $N_{60}P_{60}K_{60}$ + підживлення Майстер агро – на 14,1% порівняно з контрольним варіантом (41,1 см) (табл. 1).

Найвищими показники висоти рослин проса у фазі стеблуння були у 2022 р. і знаходились на рівні 48,0–58,5 см. Позакореневе підживлення рослин препаратом Майстер агро у цій фазі сприяло підвищенню висоти рослин на 22,8%, тоді як у 2024 р. цей захід не показав себе. Не проявило себе в цьому самому році і в цій фазі і позакореневе підживлення препаратом Браман мультикомплекс.

Перенесення частини азоту у підживлення проса ($N_{60}P_{60}K_{60} + N_{15}$) найкраще спрацювало у 2021 р., висота рослин цього варіанта була на 27,5% більшою за контрольний варіант – 45,9 см. Температурний режим першої декади червня був вищим за багаторічні показники на 0,7 °С. ГТК за цей період становило 1,7, що свідчить про достатню кількість вологи і забезпечило ефект від азотного підживлення.

Слід відмітити, що мінеральні добрива й позакореневі підживлення мікродобривами впливали на ростові процеси і в подальшому. Втім вони проходили більш інтенсивно, порівняно з контрольним варіантом. Найвищі показники висоти рослин (134–148,3 см) у фазі

дозрівання мали рослини у 2024 р. Цьому посприяли метеорологічні умови. Вегетація проса у червні цього року відбувалася за достатнього вологозабезпечення (ГТК = 3,3) та перевищення середньодобових температур повітря понад норму на 2,9 °С. Погодні умови вегетації у липні відзначились підвищеним температурним режимом упродовж усього місяця (25,4 °С за норми 21,3 °С) та помірною кількістю опадів (57 мм за норми 68 мм), що сприяло інтенсивному росту рослин проса. Водночас, варто відзначити, що надмірний вегетативний ріст проса призвів до вилягання рослин, що було причиною втрат зерна.

Як свідчить аналіз результатів досліджень, внесення мінерального добрива в основне удобрення проса забезпечувало кращі умови для росту рослин за фазами розвитку, а остаточно висота рослин перевищувала показники, отримані на контрольних варіантах (без внесення мінеральних добрив). Під час використання Браман мультикомплекс у позакореневе підживлення створюються кращі умови живлення рослин, що позитивно відображається на ростових процесах. Отже, в середньому за роки досліджень мінеральні добрива впливали на ростові процеси рослин проса, підвищуючи їх висоту на 14,5–19,0 см, а позакореневе підживлення препаратом Браман мультикомплекс на фоні мінеральних добрив на 11,5–28,5 см.

Варіанти удобрення мали значний вплив також на формування надземної маси рослин (рис. 1).

Найбільший рівень показника було відмічено у фазі викидання волоті, який у варіанті без добрив становив 20,5 г/росл. За внесення $N_{60}P_{60}K_{60}$ надземна маса рослин була більшою відповідно на 8,6 г/росл., а за підживлення рослин азотом ($N_{45}P_{60}K_{60} + N_{15}$) – на 9,2 г/росл., порівняно з варіантом без внесення добрив. Поєднання внесення в основне удобрення $N_{60}P_{60}K_{60}$ з підживленням рослин препаратом Майстер агро спонукало рослини до збільшення вегетативної маси на 40,5%. Позакореневе підживлення рослин препаратом Браман

Таблиця 1. Висота рослин проса залежно від внесення мінеральних добрив та позакорневих підживлень, см, середнє за 2021–2024 рр.

Варіант	Фаза стеблуння		Фаза дозрівання	
	без підживлення (контроль)	підживлення Браман мультикомплекс	без підживлення (контроль)	підживлення Браман мультикомплекс
Контроль (без добрив)	41,1	38,3	111,0	122,5
$N_{60}P_{60}K_{60}$	48,6	42,3	130,0	135,5
$N_{60}P_{60}K_{60}$ +Майстер	46,9	41,9	125,5	133,0
$N_{45}P_{60}K_{60}+N_{15}$	47,9	43,8	130,3	139,5
V, %	7,4	5,6	7,3	5,5

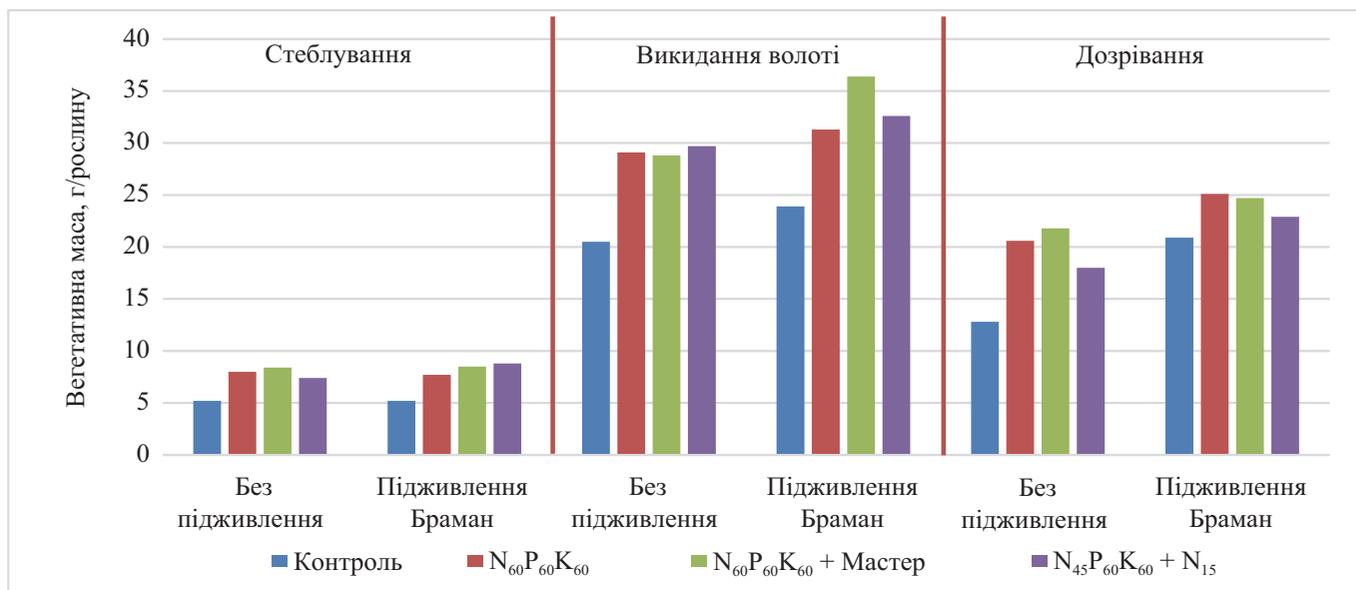


Рис. 1. Вплив підживлення на наростання вегетативної маси рослин проса, г/рослину, середнє за 2021–2024 рр.

мультикомплекс позитивно впливало на формування вегетативної маси рослин проса за всіх варіантів удобрення. Так, у фазі стеблування дія препарату в середньому за роками, була мінімальною, і знаходилася в межах від нуля до 1,4 г/росл. У фазі викидання волоті проведення позакореневого підживлення препаратом Браман мультикомплекс зумовило зростання показників надземної маси проса на 3, г/росл. у контрольному варіанті і на 4,5 г/росл. у середньому на варіантах удобрення.

Найбільший приріст вегетативної маси від застосування цього прийому відмічено у фазі дозрівання. У варіанті без добрив він становив 8,1 г/росл., у варіантах із внесенням мінеральних добрив – від 2,9 до 4,5 г/росл.

Гідротермічні умови 2023 і 2024 рр. під час вегетації рослин сприяли формуванню найвищого рівня показників наземної, маси порівняно з іншими попередніми роками досліджень.

Результати проведених досліджень підтверджують дію чинників, які вивчали, на основні елементи структури врожаю, зокрема на довжину волоті, кількість гілочок у волоті, масу насіння з волоті, масу 1000 зерен (табл. 2).

Внесення мінеральних добрив на сірих лісових ґрунтах під просо активізує процеси гілкування волотей. У волотях рослин кількість гілочок I і II порядків становила 13,2 і 53,8 шт. відповідно в неудобреному

Таблиця 2. Показники елементів структури врожаю проса залежно від варіантів удобрення, середнє за 2021–2024 рр.

Удобрення	Довжина волоті, см	К-сть гілок шт./росл.		Маса зерна з волоті, г	Маса 1000 зерен, г
		I порядок	II порядок		
Без підживлення (контроль)					
Без добрив (контроль)	28,8	13,2	53,8	3,20	8,02
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	28,8	12,7	62,3	3,90	8,19
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Майстер агро	30,8	16,8	66,4	4,75	8,12
N ₄₅ P ₆₀ K ₆₀ + N ₁₅	29,6	15,2	64,0	4,42	8,14
V, %	3,2	13,1	8,9	16,6	0,9
Підживлення рослин Браман мультикомплекс					
Без добрив (контроль)	25,6	13,2	60,8	3,82	8,15
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	28,0	14,0	71,6	5,38	8,29+
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Майстер агро	27,5	14,7	68,0	5,52	8,16
N ₄₅ P ₆₀ K ₆₀ + N ₁₅	29,3	15,4	78,8	5,94	8,22
V, %	5,6	6,6	10,7	18,0	0,8

варіанті, тоді як за внесення $N_{60}P_{60}K_{60}$ і підживлення рослин препаратом Майстер агро їхня кількість збільшувалася до 16,8 і 66,4 шт./роsl. Близькою за цим показником була реакція на умови мінерального живлення, особливо за підживлення рослин азотними добривами, на IV етапі органогенезу ($N_{45}P_{60}K_{60}+N_{15}$) – кількість гілочок у волотях сягала 15,2 і 64 шт.

Застосування мінеральних добрив і мікроелементів значно підвищували рівень зернової продуктивності проса. З розгалуженістю волотей, порядковим номером гілочок та їхньою кількістю пов'язані процеси формування зернової продуктивності рослин, головними показниками якої є озерненість та маса зерна з волоті. Кожен із цих елементів структури врожаю, своєю чергою, залежить від складного комплексу біологічних, агротехнічних й метеорологічних чинників [6].

У середньому за роками досліджень мінімальний рівень продуктивності волоті (3,2 г) одержано на варіанті без внесення добрив, а найвищий (4,75 г) – у варіанті зі внесенням $N_{60}P_{60}K_{60}$ + підживлення Майстер агро. У середньому за варіантами внесення мінеральних добрив підвищило продуктивність рослини на 35,9%.

Позакореневе підживлення проса препаратом Браман мультикомплекс майже не вплинуло на показники структури врожаю, як-от довжина волоті і кількість гілочок першого порядку. Відчутний вплив цього агрозаходу був на кількість гілочок другого порядку – від 4,0 до 23,1% порівняно з аналогічним варіантом без підживлення. Поєднання $N_{45}P_{60}K_{60} + N_{15}$ з Браман мультикомплекс сприяло формуванню генеративних органів проса, збільшуючи кількість гілочок другого порядку на 46,5%, порівняно з контрольним варіантом без добрив – 53,8 шт.

Проведення позакореневого підживлення мікродобривом зумовило утворення оптимальних умов для формування зерна у волотях, збільшивши його

в середньому за варіантами на 27,1%. Найкраще на таке підживлення відреагували рослини варіанта з підживленням азотом ($N_{45}P_{60}K_{60}+N_{15}$), продуктивність волоті була вищою на 34,4%, порівняно з аналогічним варіантом без застосування мікродобрива.

Аналізуючи дані таблиці врожаю проса, отриманого в середньому за 2021–2024 рр. виявлено, що внесення мінеральних добрив в основне удобрення забезпечувало приріст урожаю насіння проса на 1,27 т/га на варіанті без позакореневого підживлення посівів, на варіанті з підживленням рослин препаратом Майстер агро на фоні $N_{60}P_{60}K_{60}$ – на 1,06 т/га, а за прикореневого підживлення азотом ($N_{45}P_{60}K_{60} + N_{15}$) – на 1,43 т/га. На варіанті без добрив рівень урожайності становив 3,09 т/га (табл. 3).

Позакореневе підживлення рослин проса мікродобривом Браман мультикомплекс за роки досліджень забезпечило зростання рівня врожайності в середньому в досліді на 0,20 т/га. На контрольному варіанті без добрив від проведеного агрозаходу рівень урожайності збільшувався на 0,22 т/га і становив 3,31 т/га. Застосування мінеральних добрив у дозі $N_{60}P_{60}K_{60}$ + Майстер агро забезпечило зростання врожайності проса на 0,25 т/га, порівняно з варіантом без позакореневого підживлення, і становив 4,40 т/га. Прикореневе підживлення азотом ($N_{45}P_{60}K_{60} + N_{15}$) на 0,49 т/га сприяло підвищенню врожайності до рівня показника 5,01 т/га. Цей варіант виявився найбільш продуктивним у всі роки дослідження, окрім 2021 р. Найменше реагували на позакореневе підживлення мікродобривом рослини варіанта, де вносили в основне удобрення $N_{60}P_{60}K_{60}$.

Формуванню найвищого вмісту білка в зерні проса сприяли гідротермічні умови вегетаційного періоду 2022 р. Так, у середньому за варіантами удобрення цей показник сягав 12,0%, а найвищі показники вмісту білка 12,68% були на варіанті вирощування проса, який передбачав внесення $N_{60}P_{60}K_{60}$ + Майстер агро

Таблиця 3. Урожайність проса залежно від варіантів удобрення, т/га, середнє за 2021–2024 рр.

Варіант	Без підживлення (контроль)	Підживлення Браман мультикомплекс	Приріст від внесення добрив	Приріст від Браман мультикомплекс
Без добрив (контроль)	3,09	3,31	–	0,22
$N_{60}P_{60}K_{60}$	4,36	4,21	1,27	- 0,15
$N_{60}P_{60}K_{60}$ + Майстер	4,15	4,40	1,06	0,25
$N_{45}P_{60}K_{60}+N_{15}$	4,52	5,01	1,43	0,49
НІР ₀₅	для основного удобрення – 0,03 для підживлення – 0,02		–	–

Таблиця 4. Якість зерна проса залежно від варіантів удобрення, %, середнє за 2021–2024 рр.

Варіант	Без підживлення (контроль)				Підживлення рослин Браман мультимікроелементів			
	білок	жир	клітковина	крохмаль	білок	жир	клітковина	крохмаль
Без добрив (контроль)	9,81	3,24	6,26	58,1	10,41	3,35	6,14	57,64
$N_{60}P_{60}K_{60}$	9,80	3,32	6,39	58,38	9,93	3,33	6,21	58,15
$N_{60}P_{60}K_{60}$ + Майстер	10,50	3,39	6,22	58,06	11,20	3,38	6,19	57,85
$N_{45}P_{60}K_{60} + N_{15}$	10,36	3,35	6,15	57,93	10,62	3,40	6,10	58,33
V, %	3,6	1,9	1,6	0,3	5,0	0,9	0,8	0,5

та підживлення рослин Браман мультимікроелементів. Найнижчий вміст білка в зерні проса був у вегетаційному 2021 р. і становив 5,36–7,75% на варіантах без добрив і 7,22–9,40% на фоні позакореневого підживлення мікродобривом Браман мультимікроелементів. Це явище можна пояснити тим, що 2022 р. відрізнявся від решти років проведення досліджень значно меншою кількістю опадів (150 мм) і більшою сумою активних температур (1323,6 °C), адже відомо, що такі умови сприяють накопиченню білка.

Мінеральні добрива забезпечували збільшення вмісту білка у зерні проса. Якщо у середньому за роки досліджень у варіанті без добрив його вміст сягав 9,81%, то у варіанті з позакореневим підживленням препаратом Майстер агро збільшувався на 0,69%, за прикореневого внесення азоту ($N_{45}P_{60}K_{60} + N_{15}$) – на 0,55% абсолютних (табл. 4).

За роки досліджень застосування позакореневого підживлення мікродобривом Браман мультимікроелементів також позитивно впливало на вміст білка у зерні. На варіантах з проведенням цього заходу його вміст становив у середньому 10,54%. Найвищі показники вмісту білка у зерні проса, які сягали 11,20%, відмічено за внесення $N_{60}P_{60}K_{60}$ + Майстер агро, та проведення підживлення мікродобривом Браман мультимікроелементів.

ВИСНОВКИ

За вирощування проса звичайного в умовах Правобережного Лісостепу найбільш ефективним технологічним прийомом є поєднання внесення мінеральних добрив і позакореневих підживлень посівів мікродобривом Браман мультимікроелементів. В агроценозі максимальну висоту (139,5 см), найбільшу надземну біомасу (29,7 г/росл.) та кількість гілочок другого порядку формували рослини проса на фоні внесення $N_{45}P_{60}K_{60} + N_{15}$ та позакореневого підживлення у фазі кущення мікродобривом Браман мультимікроелементів (2,0 л/га). За проведення позакореневого підживлення рослин мікродобривом Браман мультимікроелементів відмічали приріст урожаю зерна, відповідно, 0,22 т/га на варіанті без застосування добрив, та 0,49 т/га – на варіанті зі внесенням $N_{45}P_{60}K_{60} + N_{15}$. Загалом максимальну врожайність у досліді 5,01 т/га за показника на контролі 3,09 т/га отримали на варіанті технології вирощування, який передбачав внесення $N_{45}P_{60}K_{60} + N_{15}$ та проведення позакореневого підживлення рослин на IV етапі органогенезу мікродобривом Браман мультимікроелементів. Виявлені закономірності росту, розвитку та формування продуктивності проса залежно від системи удобрення є важливим чинником для подальшого удосконалення технології його вирощування.

ЛІТЕРАТУРА

- Полторецький С.П. Урожайність насіння сортів проса залежно від фону мінерального живлення в умовах Правобережного Лісостепу України. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва*. Умань, 2011. Вип. 77. Ч.І.: Агрономія. С. 115–116.
- Руднік О.І., Шовгун О.О., Чухлеб С.Л. Господарсько цінні показники нових сортів проса. *Вісник аграрної науки*. 2008. №6. С. 28–30.
- Кващук О.В. Сучасні індустріальні технології вирощування круп'яних культур: Навчальний посібник. Кам'янець-Подільський: ФОП Сисин О.В., 2008. С. 95–148.
- Bibi F., Rahman A. An Overview of Climate Change Impacts on Agriculture and Their Mitigation Strategies. *Agriculture*. 2023. 13(8). 1508. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture13081508>.
- Crop production and climate change. 2021. URL: <http://www.fao.org/climate-smart-agriculture-sourcebook/production-resources/module-b1-crops/chapter-b1-1/en/>.
- Руднік-Івашенко О.І. Просо. Особливості біології, фізіології, генетики. К.: Колообіг, 2009. 158 с.

7. Єфіменко Д.Я., Яшовський І.В. Гречка і просо в інтенсивних сівозмінах. К.: Урожай, 1992. 168 с.
8. Полторецький С.П., Білоножко В.Я., Полторецька Н.М. Агроекологічні умови формування врожайності та якості насіння проса. *Вісник Черкаського університету*. 2017. №1. С 77.
9. Кващук О.В., Сучек М.М., Хоміна В.Я., Пастух О.Д. Круп'яні культури. Камінець-Подільський: ПП «Медобори-2006», 2013. 288 с.
10. Беленіхіна А.В. Просу – гідну увагу! *Агробізнес сьогодні*. № 21-22. Листопад, 2011. 15 с.
11. Горбачова С.М., Горлачова О.В. Технологія вирощування проса в східній частині Лісостепу України. *Посібник українського хлібороба*, 2010. С. 216–218.
12. Камінський В.Ф., Грищенко Р.Є., Любчик О.Г., Глієва О.В. Особливості вирощування круп'яних культур і сорго в Лісостепу: науково-методичні рекомендації. Київ, 2020. 34 с.
13. Дерев'янський В.П., Сучек М.М., Каленська С.М., Токмакова Л.М. Ефективність біологічних препаратів при вирощуванні круп'яних культур в умовах Правобережного Лісостепу України :науково-практичні рекомендації. Самчики, 2015. 20 с.
14. Аверчев О.В., Нікітенко М.П. Вплив мікро- та макроелементів на екологічну пластичність проса звичайного в умовах Півдня України. «Екологічні проблеми навколишнього середовища та раціонального природокористування в контексті сталого розвитку»: збірник матеріалів V міжнародної науково-практичної конференції (Херсон – Кропивницький, 27-28 жовтня 2022). Одеса: «Олді+», 2022. С.20.
15. Любчик О.Г., Глієва О.В., Грищенко Р.Є. Агротехнологічні прийоми вирощування проса в Україні. *Збірник наукових праць ННЦ «ІЗ НААН»*. Вип.1-2. 2020. С.109–117.
16. Мельник С.І., Гаврилюк М.М., Жилкін В.А. Рекомендації з ефективного застосування мікробних препаратів у технологіях вирощування сільськогосподарських культур. Київ, 2007. 33 с.
17. Санін В., Санін Ю. Особливості позакореневого підживлення мікроелементами. *Пропозиція*, 2012. № 3. С. 3.
18. Капітанська О., Полянчиков С., Логінова І. 5 правил ефективного позакореневого підживлення. *Пропозиція*, 2021. №5. С.1.
19. Вожегова Р.А., Коваленко А.М., Чекамова О.Л. Урожайність проса залежно від мікробних препаратів та мікродобрив. *Зрошуване землеробство*. Випуск 65. С 127-128.
20. ДСТУ 4362: 2006. Якість ґрунту. Показники родючості ґрунтів. Чинний від 2006 – 01-01. Київ: Держспоживстандарт України, 2006. 19 с. (Національний стандарт України).
21. Єщенко В.О., Копитко П.Г., Опришко В.П., Костоґриз П.В. Основи наукових досліджень в агрономії. Київ: Дія, 2005. 288 с.
22. Демчук В.В. Фізіологія та біологія рослин. Курс лекцій. Рівне: РДГУ, 2016. 253 с.
23. Драган М.І., Любчик О.Г., Крупельницька І.М. Вплив агрометеорологічних умов на ріст і розвиток проса у Лісостепу. *Вісник аграрної науки*, 2003. № 9 С. 23–27.

REFERENCES

1. Poltoretskyi S.P. (2011). Urozhainist nasinnia sortiv prosa zalezno vid fonu mineralnoho zhyvlennia v umovakh Pravoberezhnoho Lisostepu Ukrainy. *Zbirnyk naukovykh prats Umanskoho natsionalnoho universytetu sadivnytstva*, 77. Ch.I.: *Ahronomiia*, 115-116 [in Ukrainian].
2. Rudnik O.I., Shovhun O.O., Chukhleb S.L. (2008). Hospodarsko tsinni pokaznyky novykh sortiv prosa. *Visnyk ahrarnoi nauky*, 6, 28–30 [in Ukrainian].
3. Kvashchiuk O.V. (2008). Suchasni industrialni tekhnologii vyroshchuvannia krupianykh kultur: Navchalnyi posibnyk. Kamianets-Podilskyi: FOP Sysyn O.V., P. 95–148 [in Ukrainian].
4. Bibi, F., Rahman, A. (2023). An Overview of Climate Change Impacts on Agriculture and Their Mitigation Strategies. *Agriculture*, 13(8), 1508. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture13081508> [in English].
5. Crop production and climate change. (2021). URL: <http://www.fao.org/climate-smart-agriculture-source-book/production-resources/module-b1-crops/chapter-b1-1/en/> [in English].
6. Rudnyk-Ivashchenko O.I. (2009). Proso. Osoblyvosti biolohii, fiziolohii, henetyky. K.: Koloobih, 158 p. [in Ukrainian].
7. Yefimenko D.Ya., Yashovskyi I.V. (1992). Hrechka i prosovintensyvnykhsivozminakh. K.: Urozhai, 168p. [in Ukrainian].
8. Poltoretskyi S.P., Bilonozhko V.Ia., Poltoretska N.M. (2017). Ahroekolohichni umovy formuvannia vrozhaivosti ta yakosti nasinnia prosa. *Visnyk Cherkaskoho universytetu*, 1, 77 [in Ukrainian].
9. Kvashchuk O.V., Suchek M.M., Khomina V.Ya., Pastukh O. D. (2013). Krupiani kultury. Kamianets-Podilskyi: PP «Medobory-2006», 288 p. [in Ukrainian].

10. Bieliienikhina A.V. (2011). Prosu – hidnu uvahu! Ahrobiznes sohodni. № 21-22. Lystopad. 15 p. [in Ukrainian].
11. Horbachova S.M., Horlachova O.V. (2010). Tekhnolohiia vyroshchuvannia prosa v skhidni chastyni Lisostepu Ukrainy. Posibnyk ukrainskoho khliborobayo. P. 216–218 [in Ukrainian].
12. Kaminskyi V.F., Hryshchenko R.Ie., Liubchych O.H., Hliieva O.V. (2020). Osoblyvosti vyroshchuvannia krupianykh kultur i sorho v Lisostepu. Naukovo-metodychni rekomendatsii. Kyiv. 34 p. [in Ukrainian].
13. Derevianskyi V. P., Suchek M. M., Kalenska S. M., Tokmakova L. M. (2015). Efektyvnist biolohichnykh preparativ pry vyroshchuvanni krupianykh kultur v umovakh Pravoberezhnoho Lisostepu Ukrainy (naukovo-praktychni rekomendatsii). Samchyky. 20 p. [in Ukrainian].
14. Averchev O.V., Nikitenko M.P. (2022). Vplyv mikro- ta makroelementiv na ekolohichnu plastychnist prosa zvychainoho v umovakh Pivdnia Ukrainy. «Ekolohichni problemy navkolyshnoho seredovyscha ta ratsionalnogo pryrodokorystuvannia v konteksti staloho rozvytku»: zbirnyk materialiv V mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii (Kherson – Kropyvnytskyi, 27-28 zhovtnia 2022). Odesa: «Oldi+». P.20 [in Ukrainian].
15. Liubchych O.H., Hliieva O.V., Hryshchenko R.Ie. (2020). Ahrotekhnolohichni pryomy vyroshchuvannia prosa v Ukraini. *Zbirnyk naukovykh prats NNTs «IZ NAAN»*, 1-2, 109–117 [in Ukrainian].
16. Melnyk S.I., Havryliuk M.M., Zhylykin V.A. (2007). Rekomendatsii z efektyvnoho zastosuvannia mikrobnnykh preparativ u tekhnolohiiakh vyroshchuvannia silskohospodarskykh kultu. Kyiv, 33 p. [in Ukrainian].
17. Sanin V., Sanin Yu. (2012). Osoblyvosti pozakorenevoho pidzhyvlennia mikroelementamy. *Propozytsiia*, 3, 3 [in Ukrainian].
18. Kapitanska O., Polianchykov S., Lohinova I. (2021). 5 pravyl efektyvnoho pozakorenevoho pidzhyvlen- nia. *Propozytsiia*, 5, 1 [in Ukrainian].
19. Vozhehova R.A., Kovalenko A.M., Chekamova O.L. (2021). Urozhainist prosa zalezho vid mikrobnnykh preparativ ta mikrodbryv. *Zroshuvane zemlerobst- vo*, 65, 127-128 [in Ukrainian].
20. DSTU 4362: 2006. Yakist gruntu. Pokaznyky rodi- uchosti gruntiv. Chynnyi vid 2006 – 01-01. Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy, 2006. 19 p. (Natsio- nalnyi standart Ukrainy) [in Ukrainian].
21. Yeshchenko V.O., Kopytko P.H., Opryshko V.P., Kostohryz P.V. (2005). Osnovy naukovykh doslid- zhen v ahronomii. Kyiv: Diia. 288 p. [in Ukrainian].
22. Demchuk V.V. (2016). Fiziolohiia ta biolohiia roslyn. Kurs lektsii. Rivne: RDHU, 253 p. [in Ukrainian].
23. Drahan M.I., Liubchych O.H., Krupelnytska I.M. (2003). Vplyv ahrometeorolohichnykh umov na rist i rozvytok prosa u Lisostepu., 23–27 [in Ukrainian].

Hryshchenko R.Ye., Hordiienko M.V.

Effectiveness of Fertilization in Yield Formation of Millet in the Right-Bank Forest-Steppe

Aim. Aim was to determine the peculiarities of yield formation in millet depending on the variants of basic fertilization and its combination with foliar application of micronutrients within the cultivation technology. **Methods.** Field experiment, laboratory analysis, analytical method, mathematical and statistical analysis, comparative and calculation methods. **Results.** In the agrocenoses, the highest plant height (139.5 cm), the greatest above-ground biomass (29.7 g/plant), and the largest number of second-order tillers were recorded in the treatment with application of $N_{45}P_{60}K_{60} + N_{15}$ and foliar feeding at the tillering stage using the micronutrient fertilizer *Braman Multicomplex* (2.0 L/ha). Foliar application of *Braman Multicomplex* led to an increase in grain yield by 0.22 t/ha in the unfertilized control and by 0.49 t/ha in the treatment with $N_{45}P_{60}K_{60} + N_{15}$. Overall, the maximum grain yield of 5.01 t/ha (compared to 3.09 t/ha in the control) was obtained with a cultivation technology that included the application of $N_{45}P_{60}K_{60} + N_{15}$ and foliar feeding with *Braman Multicomplex* at the IV stage of organogenesis. **Conclusions.** Under the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe on dark gray podzolic loamy soils, the most effective agronomic practice for cultivating the *Zapovitne* variety of millet is the combined application of mineral fertilizers and foliar feeding with micronutrients at the IV stage of organogenesis. The identified patterns of growth, development, and productivity formation in millet depending on the fertilization system are essential for further improvement of cultivation technologies.

Key words: plant height, micronutrients, foliar feeding, above-ground biomass, microfertilizers, productivity, cultivation technology.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

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

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.

Гордієнко М.В., аспірант, відділ технологій зернобобових культур, Національний науковий центр «Інститут землеробства Національної академії аграрних наук України».

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».

Надійшла 03.01.2025

ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЇ ОСНОВНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ ПІД ПОСІВ ГІРЧИЦІ БІЛОЇ В УМОВАХ СТАЛОГО СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА

Т.М. Тимошук², В.П. Кирилюк¹, Н.В. Ковальчук¹, О.М. Невмержицька²

¹Хмельницька державна сільськогосподарська дослідна станція Інституту кормів та сільського господарства Поділля НААН (с. Самчики, Україна)

²Поліський національний університет (м. Житомир, Україна)

Мета. Вивчити особливості формування урожайності насіння гірчиці білої за дії обробітку ґрунту і удобрення. **Методи.** Дослідження були проведені впродовж 2009–2024 рр. в умовах Правобережного Лісостепу України. Ґрунт дослідних ділянок – чорнозем опідзолений середньосуглинковий. **Методи досліджень:** польовий, математично-статистичний і порівняльно-розрахунковий. **Результати.** Наведено результати досліджень стосовно формування урожайності гірчиці білої за дії основного обробітку ґрунту і удобрення. Встановлено особливості формування індивідуальних показників продуктивності рослин гірчиці білої на мінеральному ($N_{60}P_{60}K_{60}$) і органо-мінеральному (солома попередника і $N_{30}P_{30}K_{30}$) фонах удобрення за дії полицевого і консерваційних обробітків ґрунту. **Висновки.** Найвищу урожайність насіння гірчиці білої (1,37 і 1,39 т/га) зафіксовано за дії полицевого обробітку ґрунту на мінеральному і органо-мінеральному фонах удобрення ($N_{60}P_{60}K_{60}$). За консерваційних обробітків ґрунту спостерігали зниження на 1–10% урожайності насіння гірчиці білої порівняно з оранкою. Максимальну масу 1000 насінин (1,99 і 2,10 г) отримано за чизельного обробітку ґрунту на обох фонах удобрення. Отримані результати можуть бути інтегровані у практики консерваційного землеробства, що сприятиме зміцненню продовольчої безпеки, збереженню біорізноманіття та підвищенню стійкості агроєкосистем до змін клімату.

Ключові слова: урожайність насіння, індивідуальна продуктивність рослин, маса 1000 насінин, удобрення, рентабельність вирощування, консерваційне землеробство.

Вступ. У сучасних умовах інтенсивного землеробства дедалі гостріше постає проблема виснаження ґрунтів, зниження їхньої родючості та погіршення екологічного стану агроландшафтів. Надмірне використання мінеральних добрив, порушення сівозмін та ерозійні процеси призводять до деградації ґрунтового покриву, втрати гумусу, зменшення біорізноманіття ґрунтової мікробіоти та зниження врожайності сільськогосподарських культур. Традиційні системи обробітку, що передбачають багаторазове механічне втручання, сприяють руйнуванню ґрунтової структури, зменшенню вмісту органічної речовини, ерозії, ущільненню орного шару та порушенню водного і повітряного режимів. Це, своєю чергою, призводить до зниження продуктивності агроценозів та збільшення залежності від зовнішніх ресурсів, як-от мінеральні добрива та пестициди [1]. Удосконалення обробітку ґрунту шляхом впровадження ресурсощадних технологій є одним із найбільш ефективних шляхів до збереження родючості ґрунтів,

покращання їх екологічного стану та підвищення врожайності сільськогосподарських культур. Мінімізація або відмова від інтенсивного механічного втручання, застосування комбінованого та диференційованого обробітку зумовлюють формування сприятливого агрофізичного стану ґрунту, активізацію мікробіологічної активності, кращому збереженню вологи та зниженню втрат поживних речовин [2]. Отже, вдосконалення системи обробітку ґрунту є важливою передумовою підвищення адаптивності агровиробництва до кліматичних викликів, забезпечення стабільної врожайності культур і переходу до сталого сільського господарства. У зв'язку з цим особливої актуальності набуває оптимізація технологій обробітку ґрунту як одного з ключових чинників забезпечення сталого розвитку аграрного сектору.

Мета дослідження – з'ясувати особливості формування урожайності насіння гірчиці білої за дії різних систем основного обробітку ґрунту і удобрення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Гірчиця біла (*Sinapis alba* L.) є однією з найважливіших олійних та сидеральних культур. Насіння гірчиці використовується для виробництва харчової олії, гірничного порошку, а також як компонент у фармацевтичній і косметичній промисловості завдяки високому вмісту ефірних олій та біологічно активних речовин [3; 4]. Завдяки швидкому росту та здатності пригнічувати бур'яни, ця культура часто використовується у сівоzmінах для фітосанітарного оздоровлення полів. Це, своєю чергою, зменшує використання хімічних засобів захисту рослин. Біла гірчиця також відзначається стійкістю до посухи, коротким вегетаційним періодом і невибагливістю до ґрунтових умов, що робить її перспективною культурою для вирощування в різних кліматичних зонах [5].

Гірчиця біла є важливим елементом технологій сталого землеробства завдяки своїм агрономічним і екологічним властивостям. Вона активно використовується як сидеральна культура, сприяючи підвищенню вмісту органічної речовини в ґрунті, поліпшенню його структури та збереженню родючості [6]. Гірчиця біла здатна мобілізувати важкодоступні форми поживних речовин, зокрема фосфору, покращуючи живлення наступних культур у сівоzmіні [7]. Завдяки короткому вегетаційному періоду її можна ефективно застосовувати як покривну або проміжну культуру для збереження ґрунтової вологи та запобігання ерозії. Крім того, гірчиця має позитивний вплив на агроєкосистеми, сприяючи збагаченню біорізноманіття та зменшенню викидів парникових газів через збереження вуглецю в ґрунті. Її використання є важливою складовою практик консерваційного землеробства, спрямованого на забезпечення продовольчої безпеки, збереження природних ресурсів та адаптацію агроєкосистем до змін клімату.

В умовах консерваційного землеробства, що орієнтується на підвищення продуктивності та стійкості агроєкосистем, зростає інтерес до дослідження факторів, що визначають формування врожаю насіння гірчиці білої [9]. Урожайність сільськогосподарських культур є комплексним результатом взаємодії генетичних особливостей сорту, агротехнічних прийомів та природно-кліматичних умов вирощування [10]. Важливу роль у цьому процесі відіграють біологічні чинники (формування репродуктивних органів, фотосинтетична активність рослин), а також технологічні аспекти, зокрема оптимізація норм висіву, систем удобрення, обробітку ґрунту та

захисту рослин [11–13]. Вивчення закономірностей формування врожайності гірчиці білої є актуальним для розробки ефективних агротехнічних заходів, спрямованих на забезпечення стабільного виробництва високоякісного насіння, що набуває особливого значення в умовах змін клімату та необхідності сталого розвитку аграрного сектору [14].

Обробіток ґрунту забезпечує створення сприятливих фізико-хімічних умов для розвитку рослин, зокрема поліпшення структури ґрунту, аерації, водного режиму та контролю над бур'янами [5]. Водночас раціональне удобрення сприяє збалансованому живленню рослин, активізує біологічні процеси в ґрунті, підвищує стійкість культур до абіотичних стресових чинників [15]. Встановлено, що використання соломи і солома з деструктором сприяє посиленню врожайності зерна ячменю ярого, пшениці озимої і кукурудзи на 0,22–0,60 т/га порівняно з варіантом без соломи [16].

За даними науковців, максимальний вплив на рівень урожайності культури мав чинник удобрення (86–97%), що забезпечило приріст – 0,58–1,63 т/га порівняно з контролем [17]. Встановлено, що збалансоване застосування органічних добрив у поєднанні з мінімальними дозами хімічних добрив сприяє підвищенню ефективності засвоєння поживних речовин рослинами [18].

Недостатня увага до цих елементів агротехнологій або їх невиправдана інтенсифікація може призводити до виснаження ґрунтів, зниження урожайності та погіршення якості продукції. Раціональний обробіток ґрунту є ключовим чинником формування сприятливих умов для росту культур, збереження вологи, активізації ґрунтової біоти та зменшення втрат поживних речовин [19]. Виявлено, що проведення дискового мілкового обробітку (на 10–12 см) забезпечує найбільшу кількість мікроорганізмів в ґрунті за усіх досліджуваних доз добрив. За проведення оранки на 25–27 см спостерігали найменшу величину загальної чисельності мікроорганізмів, а за *no-till*-технології – середню [20]. У праці висвітлено підвищення урожайності ріпаку озимого, пшениці озимої, ячменю ярого і кукурудзи за проведення полицевої (на глибину 20–22 см). Проведення поверхневого обробітку ґрунту (на глибину 6–8 см) призвело до зниження урожайності цих культур на 0,31 т/га, 1,45, 1,69 і 3,66 т/га відповідно порівняно з оранкою [16].

Саме тому дослідження оптимальних способів обробітку та систем удобрення є критично важливим

для підвищення продуктивності культур, забезпечення стабільності агроєкосистем і досягнення довгострокових цілей сталого сільського господарства. Особливо значення ці питання набувають в умовах сучасних кліматичних змін і деградації земельних ресурсів, коли необхідно розробляти адаптивні технології вирощування культур, що забезпечують високу врожайність за мінімального негативного впливу на довкілля [21]. Отже, вдосконалення технологій обробітку ґрунту і систем удобрення під білу гірчицю сприяє не лише підвищенню її продуктивності, а й реалізації принципів сталого землеробства. Тому, ці питання є актуальними і потребують вивчення в умовах зміни клімату.

Матеріали та методи досліджень. Дослідження проводили на чорноземному опідзоленому середньо-

суглинковому ґрунті протягом 2009–2024 рр. в умовах стаціонарного досліді Хмельницької державної сільськогосподарської дослідної станції. Ґрунт дослідних ділянок характеризувався такими показниками: $pH_{\text{сол}}$ – 6,0–6,5, уміст гумусу в орному шарі – 2,62–3,12%, загального азоту – 0,150–0,163%, рухомих форм фосфору – 12,5–196,1 мг на 1 кг сухого ґрунту, калію – 65,0–72,0 мг на 1 кг сухого ґрунту. Схема досліді включає фактори: Фактор А – обробіток ґрунту: 1. Полицевий (на глибину 25–27 см) – контроль; 2. Плоскорізний (на глибину 25–27 см); 3. Чизельний (на глибину 25–27 см); 4. Дисковий (на глибину 10–12 см); 5. Мінімальний (на глибину 6–8 см). Фактор Б – система удобрення: 1. Мінеральна – $N_{60}P_{60}K_{60}$; 2. Органо-мінеральна – солома сої + N_{10} на 1 т соломи + $N_{30}P_{30}K_{30}$.

Таблиця 1. Урожайність гірчиці білої за дії обробітку ґрунту і удобрення (2009–2024 рр.), т/га

Роки та ротації		Мінеральне удобрення (фон 1)					Органо-мінеральне удобрення (фон 2)					НІР ₀₅		
		I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V	A	B	AB
1-ша ротація	2009	2,41	2,54	2,38	2,3	2,70	2,67	2,77	2,57	2,48	2,58	0,11	0,11	0,15
	2010	1,62	1,46	1,55	1,50	1,43	1,51	1,37	1,44	1,42	1,32	0,1	0,1	0,16
	2011	2,36	2,05	2,26	2,25	2,14	2,13	2,22	2,06	2,21	2,27	0,11	0,12	0,15
	2012	2,42	2,92	1,67	2,24	1,85	2,35	1,95	1,97	2,25	1,41	0,04	0,03	0,07
	середня	2,2	2,24	1,97	2,07	2,03	2,17	2,08	2,01	2,09	1,9			
2-га ротація	2013	2,35	2,06	1,62	2,15	1,79	2,36	1,89	1,89	2,16	1,35	0,05	0,04	0,06
	2014	1,99	1,92	1,96	1,91	1,76	1,89	1,78	1,84	1,76	1,58	0,03	0,03	0,04
	2015	0,76	0,89	0,93	0,74	0,93	0,95	0,91	1,01	1,04	1,32	0,03	0,04	0,04
	2016	1,53	1,51	1,75	1,65	0,97	1,67	1,69	1,65	1,79	1,28	0,15	0,15	0,23
	середня	1,66	1,6	1,57	1,62	1,36	1,72	1,57	1,6	1,69	1,38			
3-тя ротація	2017	0,92	0,85	1,13	0,91	0,63	1,19	1,32	1,34	0,95	0,63	0,13	0,13	0,2
	2018	1,55	1,28	1,45	1,34	1,21	1,23	1,40	1,40	1,25	1,26	0,15	0,15	0,24
	2019	0,61	0,73	0,67	0,72	0,69	0,77	0,89	0,95	0,85	0,79	0,18	0,18	0,25
	2020	0,54	0,55	0,60	0,48	0,61	0,61	0,62	0,69	0,52	0,66	0,03	0,03	0,04
	середня	0,91	0,85	0,96	0,86	0,79	0,95	1,06	1,1	0,89	0,84			
4-та ротація	2021	0,52	0,54	0,57	0,47	0,58	0,57	0,59	0,63	0,49	0,66	0,07	0,07	0,11
	2022	0,78	0,74	0,69	0,71	0,7	0,79	0,83	0,81	0,85	0,86	0,07	0,05	0,05
	2023	0,62	0,6	0,61	0,59	0,64	0,64	0,62	0,63	0,62	0,65	0,03	0,02	0,02
	2024	0,94	0,91	0,92	0,93	0,95	0,97	0,96	0,99	0,96	0,98	0,42	0,44	0,46
	середня	0,72	0,7	0,7	0,68	0,72	0,74	0,75	0,77	0,73	0,79			
Середня		1,37	1,35	1,3	1,31	1,23	1,39	1,36	1,37	1,35	1,23			
± до контролю	т/га	–	–0,02	–0,04	–0,06	–0,14	–	–0,03	–0,02	–0,04	–0,16			
	%	–	–1	–3	–4	–10	–	–2	–1	–3	–12			
± до фону 1	т/га						0,02	0,01	0,07	0,04	–			
	%						1	1	5	3	–			

*Примітка. 1 – полицевий обробіток ґрунту (контроль); 2 – плоскорізний обробіток ґрунту; 3 – чизельний обробіток ґрунту; 4 – дисковий обробіток ґрунту; 5 – мінімальний обробіток ґрунту.

Площа облікової ділянки становила 40 м². Розміщення варіантів у досліді систематичне, повторність чотириразова. Гірчицю білу вирощували у короткочасній сівозміні за загальноприйнятою технологією після ячменю ярого. Чергування сільськогосподарських культур у 4-пільній сівозміні було таке: ячмінь ярий, гірчиця біла, пшениця озима, соя. Дослідження проводили за загальноприйнятими методами. Впродовж вегетації гірчиці білої регулярно здійснювали фенологічні спостереження. Облік урожайності гірчиці білої проводили у фазі повної стиглості шляхом збирання з кожної ділянки окремо та зважування насіння. Математичну обробку результатів досліджень робили методом дисперсійного аналізу з використанням прикладних комп'ютерних програм Excel та Statistica 6.0. Упродовж років дослідження спостерігали істотне відхилення кількості опадів, температури повітря та їх розподілу у період вегетації від середньобагаторічних показників.

Результати та їх обговорення. Максимальну урожайність гірчиці білої (1,39 т/га) у середньому за 16 років дослідження отримали на фоні органо-мінерального удобрення за дії полицевого основного обробітку ґрунту (табл. 1).

За усіх безполицевих обробітків ґрунту спостерігали зниження урожайності насіння гірчиці білої на 1–12 % порівняно з контролем. За чизельного обробітку ґрунту урожайність гірчиці білої у середньому

за роки досліджень знижувалася на 0,02 т/га, а за дії за мінімального обробітку на 0,16 т/га. Застосування органо-мінерального удобрення за усіх обробітків ґрунту, окрім мінімального, сприяє підвищенню урожайності насіння на 1–5 % порівняно з мінеральним. На обох фонах удобрення за дії мінімального обробітку виявили найнижчу врожайність насіння гірчиці білої – 1,23 т/га. З 2019 р. зафіксовано збільшення урожайності насіння за органо-мінерального удобрення порівняно з мінеральним. Це можна пояснити проявом дії органіки соломи через 10 років. Слід відмітити також підвищення врожайності насіння у результаті дії мінімального обробітку ґрунту. Зниження урожайності насіння з 2014 р. свідчить про відсутність пасіки неподалік посівів гірчиці білої.

Високу чутливість *S. alba* до дії обробітку ґрунту і удобрення підтверджено також формуванням індивідуальних показників продуктивності культури (табл. 2). На фоні мінерального удобрення максимальними за висотою рослини гірчиці білої (149 см) були за полицевої системи основного обробітку ґрунту. Проведення мінімального обробітку ґрунту забезпечило формування рослин заввишки 143 см. За чизельного і плоскорізного обробітків ґрунту висота рослин становила 130 і 134 см відповідно, що на 10–13% менше порівняно з контролем. Найнижчими рослини гірчиці білої (128 см) були за дискового обробітку ґрунту.

Таблиця 2. Формування показників індивідуальної продуктивності гірчиці білої за дії обробітку ґрунту та удобрення, середнє за 2009–2024 рр.

Обробіток ґрунту	Удобрення*	Кількість пагонів з рослини, шт.	Кількість стручків на 1 рослині, шт.	Кількість насіння з 1 стручка, шт.	Кількість насіння з однієї рослини, шт.	Маса насіння з одної рослини, г	Маса 1000 насіння, г	Висота рослин, см
Полицевий	М	8,2	201	3,52	711	1,25	1,76	149
	ОМ	8,0	188	3,44	652	1,39	2,12	152
Плоскорізний	М	7,1	163	3,36	553	1,20	2,17	134
	ОМ	7,3	171	3,48	598	1,29	2,15	145
Чизельний	М	5,2	151	3,32	498	0,99	1,99	130
	ОМ	7,6	179	3,51	632	1,33	2,10	139
Поверхневий	М	6,2	141	2,93	413	1,10	2,66	128
	ОМ	7,0	151	3,31	511	1,25	2,44	131
Мінімальний	М	7,6	180	3,51	633	0,79	1,25	143
	ОМ	7,4	184	3,54	655	1,15	1,75	141

*Примітка. М – мінеральне удобрення; ОМ – органо-мінеральне удобрення.

Зниження висоти рослин на цьому варіанті сягало 14% порівняно з контролем. Кількість пагонів на одній рослині коливалася від 5,2 до 8,2 шт. залежно від обробітки ґрунту. Проведення мінімального обробітки ґрунту забезпечило формування кількості стручків на одній рослині 180 шт. і кількості насінин в одному стручку 3,51 шт. За чизельного і плоскорізного обробітки ґрунту ці показники знижувалися на 38–50 шт. і 0,16–0,21 шт. відповідно порівняно з контролем. Найменшу кількість стручків на одній рослині (141 шт.) і кількість насінин в одному стручку (2,23 шт.) отримали за дії дискового обробітки ґрунту. За мінімального обробітки ґрунту кількість насінин з однієї рослини зменшувалася на 78 шт. порівняно з контролем. За чизельного і плоскорізного обробітки ґрунту кількість насінин з однієї рослини зменшувалася на 158 і 213 шт. порівняно з контролем. Мінімальну кількість насінин з однієї рослини (413 шт.) отримали за дії дискового обробітки ґрунту. На фоні органо-мінерального удобрення спостерігали подібну тенденцію зниження показників індивідуальної продуктивності за дії консерваційних обробіток ґрунту порівняно з оранкою. Отже, гірчиця біла за роки дослідження проявила високу чутливість до розпушення ґрунту і реагувала на це фактор більше, ніж на удобрення.

У результаті оцінки економічної ефективності вирощування гірчиці білої встановлено, що найвища рентабельність (212%) вирощування гірчиці білої була за плоскорізної системи основного обробітки ґрунту на органо-мінеральному фоні удобрення (табл. 3).

На органо-мінеральному фоні удобрення найнижчий показник рентабельності встановлено за дії плоскорізної системи основного обробітки ґрунту. За мінеральної системи удобрення рентабельність виявилася нижчою на 75–92 % порівняно з органо-

мінеральної. Основною причиною є високі ціни на мінеральні добрива. Вирощування гірчиці білої на фоні традиційного мінерального удобрення нітроамофоскою в дозі $N_{60}P_{60}K_{60}$ мало нижчу рентабельність порівняно із органо-мінеральним фоном, де на фоні залишення соломи попередника застосовували $N_{30}P_{30}K_{30}$. Витрати за мінімальної системи були найвищими, оскільки пов'язані із доглядом посівів від шкідливих організмів. Результати цього дослідження сприяють оптимізації технологій обробітки ґрунту, що є важливим кроком до сталого розвитку сільського господарства в умовах кліматичних змін.

Висновки

Проведення оранки на фоні органо-мінерального удобрення (солома попередника і $N_{30}P_{30}K_{30}$) забезпечує формування найвищої урожайності насіння гірчиці білої – 1,39 т/га. На фоні органо-мінерального удобрення за усіх обробіток ґрунту, окрім мінімального, урожайність насіння підвищується на 1–5% порівняно з мінеральним. На фоні мінерального удобрення ($N_{60}P_{60}K_{60}$) проведення оранки дає можливість отримати найвищу врожайність гірчиці білої – 1,37 т/га. За консерваційних обробіток ґрунту урожайність насіння гірчиці білої знижується на 1–10% порівняно з контролем. За чизельного обробітки ґрунту на мінеральному і органо-мінеральному фонах удобрення отримано найвищу масу 1000 насінин – 1,99 і 2,10 г відповідно. За мінімального обробітки ґрунту на обох фонах удобрення маса 1000 насінин була мінімальною (1,25 і 1,75 відповідно). Застосування органо-мінерального удобрення (солома попередника і $N_{30}P_{30}K_{30}$) забезпечує збільшення на 75–92% рентабельності вирощування гірчиці білої порівняно із мінеральним

Таблиця 3. Економічна ефективність вирощування гірчиці білої за дії основного обробітки ґрунту та удобрення, середнє за 2009–2024 рр.

Обробіток ґрунту	Показники					
	Виробничі витрати, грн/га		Умовно чистий прибуток, грн/га		Рентабельність, %	
	Фон 1	Фон 2	Фон 1	Фон 2	Фон 1	Фон 2
Полицева	6520	4797	7743	9485	123	198
Плоскорізна	6223	4681	7477	9924	120	212
Чизельна	6259	4779	769+1	10069	123	211
Дискова	6167	4701	7467	9378	121	199
Мінімальна	6598	5032	6178	8533	94	170

*Примітка. М – мінеральне удобрення, ОМ – органо-мінеральне удобрення.

удобренням ($N_{60}P_{60}K_{60}$). На фоні органо-мінерального удобрення використання безполицевих обробітків ґрунту під гірчицю виявилось більш вигідним, ніж на фоні мінерального удобрення. Подальші

дослідження можуть бути зосереджені на оцінюванні ефекту дії залишення соломи попередника, як удобрення у сівозміні, за проведення консерваційних обробітків ґрунту в умовах зміни клімату.

ЛІТЕРАТУРА

1. Lavrenko S.O., Lavrenko N.M., Maksymov D.O., Maksymov M.V., Didenko N.O., Islam K.R. Variable tillage depth and chemical fertilization impact on irrigated common beans and soil physical properties. *Soil Tillage Research*. 2021. Vol. 212. P. 105024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.still.2021.105024>.
2. Somasundaram J., Sinha, N. K., Dalal Ram C., Lal, Ratan, Mohanty, M., Naorem, A. K., Hati, K. M., Chaudhary, R. S., Biswas, A. K., Patra, A. K. & Chaudhari, S. K. (2020). No-Till farming and conservation agriculture in South Asia – issues, challenges, prospects and benefits journal. *Critical Reviews in Plant Sciences*. Vol. 39(3). P. 236–279. DOI: <https://doi.org/10.1080/07352689.2020.1782069>.
3. Колосок В.Г., Бутенко С. О. Видові та сортові особливості формування якості насіння гірчиці в умовах Північно-Східного Лісостепу України. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Сер.: «Агронія і біологія»*. 2023. Вип. 1 (51). С. 64–71. <https://doi.org/10.32782/agrobio.2023.1.8>.
4. Мельник Т.І., Алі Ш., Колосок В.Г. Якість насіння гірчиці білої залежно від сорту та норм висіву в умовах Північно-Східного Лісостепу України. *Таврійський науковий вісник*. 2020. №113. С.92–97. DOI: <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.113.13>.
5. Кирилюк В.П., Тимошук Т.М., Шульга С.Ю. Формування бур'янового компоненту агрофітоценозу гірчиці білої залежно від агротехнічних заходів. *Scientific Horizons*. 2018. №7–8 (70). С. 116–124.
6. Voloshchuk I., Stasiv O., Voloshchuk O., Hlyva V., Voloshchuk M. *Sinapis alba* L. as an important green manure and fodder crop in the Carpathian region of Ukraine. *Scientific Horizons*. 2024. Vol. 27(7). P. 45–52. DOI: <https://doi.org/10.48077/scihor7.2024.45>.
7. Случак О.М., Волощук О.П., Волощук І.С., Глива В.В., Волощук М.Ю. Сучасний стан виробництва гірчиці білої та її народногосподарське значення. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2021. Вип. 70 (2). С. 49–59. DOI: [https://doi.org/10.32636/01308521.2021-\(70\)-2-4](https://doi.org/10.32636/01308521.2021-(70)-2-4).
8. Шакалій С.М., Баган А.В., Марініч Л.Г. Польова схожість та збереженість рослин гірчиці білої залежно від норми висіву насіння. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (1). С. 6–10. DOI: <https://doi.org/10.31210/spi2025.28.01.01>.
9. Волощук О.П., Глива В.В., Случак О.М., Герешко Г.С., Ковальчук Ю. О. Формування посівних якостей насіння гірчиці білої під впливом елементів технології вирощування. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2025. Вип. 77 (1). С. 17–27. DOI: [https://doi.org/10.32636/01308521.2025-\(77\)-1-2](https://doi.org/10.32636/01308521.2025-(77)-1-2).
10. Демиденко О.В. Урожайність сільськогосподарських культур залежно від удобрення, способу обробітку ґрунту та типу сівозміни. *Землеробство та рослинництво: теорія і практика*. 2024. №2(12). С. 32–45. DOI: <https://doi.org/10.54651/agri.2024.02.05>.
11. Волощук М.Ю. Формування врожайності насіння гірчиці білої залежно від рівня мінерального живлення рослин. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2024. Вип. 75 (1). С. 18–29. DOI: [10.32636/01308521.2024-\(75\)-1-2](https://doi.org/10.32636/01308521.2024-(75)-1-2).
12. Кириченко М.О. Урожайність насіння гірчиці сарептської за різних варіантів сполучення норми висіву насіння та ширини міжрядь. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2024. № 36. С. 93–104. DOI: <https://doi.org/10.36710/ЛОС-2024-36-08>.
13. Миколайко І.І. Формування елементів структури урожаю гірчиці залежно від сортових особливостей. *Scientific Progress & Innovations*. 2024. № 27 (3). С. 19–25. DOI: <https://doi.org/10.31210/spi2024.27.03.03>.
14. Кирилюк В.П., Тимошук Т.М., Кальчук М.М. Урожайність гірчиці білої залежно від систем основного обробітку ґрунту та удобрення. *Scientific Horizons*. 2019. №2 (75). С. 27–33. DOI: <https://doi.org/10.332491/2663-2144-2019-75-2-27-33>.
15. Al-Shammary I.B.G., Al-Shihmani L.S.S., Fernández-Gálvez J., Caballero-Calvo A. Optimizing sustainable agriculture: A comprehensive review of agronomic practices and their impacts on soil attributes. *Journal of Environmental Management*. 2024. Vol. 364. P. 121487. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.121487>.
16. Фурманець М.Г., Фурманець Ю.С., Фурманець І.Ю. Вплив систем обробітку ґрунту та

- удобрення на запаси продуктивної вологи під агрофітоценозами у сівозміні. *Агробіологія*. 2021. №2. С. 176–182. DOI: <https://doi.org/10.33245/2310-9270-2021-167-2-176-182>.
17. Мельничук Т.В., Сендецький В.М., Козіна Т.В., Волощук М.Ю. Продуктивність гірчиці білої за програмованого застосування добрив та норм висіву в умовах Передкарпаття. *Таврійський науковий вісник*. 2023. № 134. С. 88–97. DOI: <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2023.134.13>.
 18. Mthiyane P., Aycan M., Mitsui T. Integrating Biofertilizers with Organic Fertilizers Enhances Photosynthetic Efficiency and Upregulates Chlorophyll-Related Gene Expression in Rice. *Sustainability*. 2024. Vol. 16. P. 9297. DOI: <https://doi.org/10.3390/su16219297>.
 19. Arshad T., Naqve M., Mukhtiar, A., Javaid, M.M., Mahmood, A., Nadeem, M.A., Khan, B.A. Conservation tillage for sustainable agriculture. In M. Hasanuzzaman (Eds), *Climate-Resilient Agriculture*, Springer, Cham. 2023. Vol.1. P. 1042. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-37424-1_15.
 20. Малиновська І.М., Задубинна Є.В., Камінський В.Ф. Чисельність та фізіологічна активність мікроорганізмів чорнозему типового за різних способів основного обробітку ґрунту. *Землеробство та рослинництво: теорія і практика*. 2023. №4(10), С. 28–34. DOI: <https://doi.org/10.54651/agri.2023.04.03>.
 21. Кирилук В.П., Тимощук Т.М., Колесніков М.О., Мойсієнко В.В., Плотницька Н.М. Оптимізація водного режиму посівів сої залежно від систем обробітку ґрунту та удобрення для сталого агро-виробництва. *Землеробство та рослинництво: теорія і практика*. 2025. Вип. 1 (15). С. 82–91. DOI: <https://doi.org/10.54651/agri.2025.01.10>.

REFERENCES

1. Lavrenko S.O., Lavrenko N.M., Maksymov D.O., Maksymov M.V., Didenko N.O., Islam K.R. (2021). Variable tillage depth and chemical fertilization impact on irrigated common beans and soil physical properties. *Soil Tillage Research*, 212, 105024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.still.2021.105024> [in English].
2. Somasundaram J., Sinha, N.K., Dalal Ram C., Lal, Ratan, Mohanty, M., Naorem, A.K., Hati, K.M., Chaudhary, R.S., Biswas, A.K., Patra, A.K. & Chaudhari, S.K. (2020). No-Till farming and conservation agriculture in South Asia – issues, challenges, prospects and benefits journal. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 39(3), 236–279. DOI: <https://doi.org/10.1080/07352689.2020.1782069> [in English].
3. Kolosok, V.G., Butenko, S.O. (2023). Type and varietal features of mustard seed quality formation under the conditions of the Northeastern Forest-Steppe of Ukraine. *Bulletin of Sumy National Agrarian University. The Series: Agronomy and Biology*, 51 (1), P. 64–71. DOI: <https://doi.org/10.32782/agro-bio.2023.1.8> [in Ukrainian].
4. Melnyk T.I., Ali Shahid, Kolosok V.G. (2020). The quality of white mustard seeds according to the variety and seeding rates under the conditions of the Northeastern Forest-steppe of Ukraine. *Taurida Scientific Herald*, 113, 92–97. DOI: <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.113.13> [in Ukrainian].
5. Kyryliuk V., Tymoshchuk T., Shulha S. (2018). Weed component formation of white mustard agrophytocenosis depending on agrotechnical measures. *Scientific Horizons*, 21(8), 116–124 [in Ukrainian].
6. Voloshchuk I., Stasiv O., Voloshchuk O., Hlyva V., Voloshchuk M. (2024). *Sinapis alba* L. as an important green manure and fodder crop in the Carpathian region of Ukraine. *Scientific Horizons*, 27(7), 45–52. DOI: <https://doi.org/10.48077/scihor7.2024.45> [in English].
7. Sluchak O.M., Voloshchuk O.P., Voloshchuk I.S., Hlyva V.V., Voloshchuk M.Yu. (2021). Current state of white mustard production and its national value. *Foothill and Mountain Agriculture And Stockbreeding*, 70 (2), 49–59. DOI: 10.32636/01308521.2021-(70)-2-4 [in Ukrainian].
8. Shakalii, S., Bahan, A., & Marinich, L. (2025). Field variability and storage of white mustard plants depending on the seed sowing rate. *Scientific Progress & Innovations*, 28 (1), 6–10. DOI: <https://doi.org/10.31210/spi2025.28.01.01> [in Ukrainian].
9. Voloshchuk O., Hlyva V., Sluchak O., Hereshko H., Kovalchuk Y. (2025). Formation of sowing qualities of white mustard seeds under the influence of elements of growing technology. *Foothill and Mountain Agriculture and Stockbreeding*, 77 (1), 17–27. DOI: [https://doi.org/10.32636/01308521.2025-\(77\)-1-2](https://doi.org/10.32636/01308521.2025-(77)-1-2) [in Ukrainian].
10. Demydenko O. (2024). Dynamics of crop yields depending on fertilizer, cultivation method and crop rotation type. *Agriculture and Plant Sciences: Theory and Practice*, 2(12), 32–45. DOI: <https://doi.org/10.54651/agri.2024.02.05> [in Ukrainian].
11. Voloshchuk, M. (2024). Formation of yield of white mustard seeds depending on the level of mineral

- nutrition of plants. *Foothill and Mountain Agriculture and Stockbreeding*, 75 (1), 18–29. DOI: [https://doi.org/10.32636/01308521.2024-\(75\)-1-2](https://doi.org/10.32636/01308521.2024-(75)-1-2) [in Ukrainian].
12. Kyrychenko M. O. (2024). Seed yield of sareptsky mustard under different options of combination of seed sowing rate and row space width. *Scientific and Technical Bulletin of the Institute of Oilseed Crops NAAS*, 36, 93–104. DOI: <https://doi.org/10.36710/IOC-2024-36-08> [in Ukrainian].
 13. Mykolaiko I. (2024) Formation of mustard harvest structure elements depending on varietal characteristics. *Scientific Progress & Innovations*, 27 (3), 19–25. DOI: <https://doi.org/10.31210/spi2024.27.03.03> [in Ukrainian].
 14. Kyrylyuk V., Tymoshchuk T., Kalchuk M. (2019). Yielding of white mustard depending on the system of basic soil cultivation as well as fertilization. *Scientific Horizons*, 2 (75), 27–33. DOI: <https://doi.org/10.332491/2663-2144-2019-75-2-27-33> [in Ukrainian].
 15. Al-Shammary I.B.G., Al-Shihmani L.S.S., Fernández-Gálvez J., Caballero-Calvo A. (2024). Optimizing sustainable agriculture: A comprehensive review of agronomic practices and their impacts on soil attributes. *Journal of Environmental Management*, 364, 121487. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.121487> [in English].
 16. Furmanetc, M., Furmanetc, Y., Furmanetc, I. (2021). Influence of tillage and fertilizer systems on productive moisture reserves under agrophytocenosis in crop rotation. *Agrobiologia*, 2, P. 176–182. DOI: <https://doi.org/10.33245/2310-9270-2021-167-2-176-182> [in Ukrainian].
 17. Melnychuk T.V., Sendetskyi V.M., Kozina T.V., Voloshchuk M.Yu. (2023). The influence of fertilizers and sowing rates on the realization of the biological productivity potential of white mustard in the conditions of Precarpathia. *Taurida Scientific Herald*, 134, 88–97. DOI: <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2023.134.13> [in Ukrainian].
 18. Mthiyane P., Aycan M., Mitsui T. (2024). Integrating Biofertilizers with Organic Fertilizers Enhances Photosynthetic Efficiency and Upregulates Chlorophyll-Related Gene Expression in Rice. *Sustainability*, 16, 9297. DOI: <https://doi.org/10.3390/su16219297> [in English].
 19. Arshad T., Naqve M., Mukhtiar, A., Javaid, M. M., Mahmood, A., Nadeem, M. A., Khan. B.A. (2023). Conservation tillage for sustainable agriculture. In M. Hasanuzzaman (Eds), *Climate-Resilient Agriculture*, 1, 1042. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-37424-1_15 [in English].
 20. Malynovska I.M., Zadubynna Ye.V., Kaminskyi V.F. (2023). The number and physiological activity of microorganisms of the chernozem typical under different methods of the main soil cultivation. *Agriculture and Plant Sciences: Theory and Practice*, 4(10), 28–34. DOI: <https://doi.org/10.54651/agri.2023.04.03> [in Ukrainian].
 21. Kyryliuk V., Tymoshchuk T., Kolesnikov M., Moisiienk V., Plotnytska N. (2025). Optimization of water regime of soybean crops depending on tillage and fertilization systems for sustainable agricultural production. *Agriculture and Plant Sciences: Theory and Practice*, 1(115), 82–91. DOI: <https://doi.org/10.54651/agri.2025.01.10> [in Ukrainian].

Tymoshchuk T. M., Kyryliuk V. P., Kovalchuk N.V., Nevmerzhytska O.M.

Optimization of the technology of basic soil tillage for sowing white mustard in sustainable agriculture

Aim. The study was to investigate the peculiarities of white mustard seed yield formation under the influence of tillage and fertilization. **Methods.** The research was conducted in 2009–2024 in the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. The soil of the experimental plots is medium-loamy podzolized chernozem. Research methods: field, mathematical and statistical, and comparative and calculative. **Results.** The results of studies of the peculiarities of white mustard yield formation under the influence of basic tillage and fertilization are presented. The peculiarities of the formation of individual indicators of productivity of white mustard plants on mineral ($N_{60}P_{60}K_{60}$) and organic-mineral (straw of the predecessor and $N_{30}P_{30}K_{30}$) fertilizer backgrounds under the influence of shelf and conservation tillage were established. **Conclusions.** The highest yields of white mustard seeds (1.37 and 1.39 t/ha) were recorded under the effect of shelf tillage on mineral and organic-mineral fertilizer backgrounds ($N_{60}P_{60}K_{60}$). Under conservation tillage, a decrease of 1–10% in the yield of white mustard seeds was observed compared to plowing. The maximum weight of 1000 seeds (1.99 and 2.10 g) was obtained under chisel tillage on both fertilizer backgrounds. The results of this study contribute to the optimization of soil cultivation technologies, which is an important step towards sustainable agricultural development in the face of climate change.

Key words: seed yield, individual plant productivity, weight of 1000 seeds, fertilizers, profitability of cultivation, conservation agriculture.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

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

Кирилюк В.П., кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, Хмельницька державна сільськогосподарська дослідна станція Інституту кормів та сільського господарства Поділля НААН, e-mail: viktor.kiriluk.00@gmail.com, ORCID: 0000-0001-5771-8142.

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

Kyryliuk V.P., Candidate of Agricultural Sciences, Senior Research Fellow, Khmel'nitsky State Agricultural Experimental Station of the Institute of Feed Research and Agriculture of Podillya of NAAS, e-mail :viktor.kiriluk.00@gmail.com, ORCID: 0000-0001-5771-8142.

Ковальчук Н.В., молодший науковий співробітник, лаборант сучасних технологій у землеробстві, e-mail: hdsgds@ukr.net, ORCID: 0000-0003-0285-2859.

Невмержицька О.М., кандидат сільськогосподарських наук, доцент, доцент кафедри здоров'я фітоценозів і трофології, Поліський національний університет, e-mail: onevmerzhitska@ukr.net, ORCID: 0000-0003-2024-9316.

Kovalchuk N.V., Junior Researcher, Laboratory Assistant of Modern Technologies in Agriculture, e-mail: hdsgds@ukr.net, ORCID: 0000-0003-0285-2859.

Nevmerzhytska O.M., Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, The Associate Professor of the Department of Health of Phytocenoses and Trophology, Faculty of Agronomy, Polissia National University, e-mail: onevmerzhitska@ukr.net, ORCID: 0000-0003-2024-9316.

Надійшла 19.02.2025

ФОРМУВАННЯ ВРОЖАЙНОСТІ МАТЕРИНСЬКИХ ЛІНІЙ ГІБРИДА КУКУРУДЗИ ХОРОЛ СВ ЗАЛЕЖНО ВІД МЕТОДІВ КАСТРАЦІЇ ТА ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ

Л.М. Голик, О.С. Левченко, С.Ф. Іващенко

ННЦ «ІЗ НААН» (с-ще Чабани, Україна)

Мета. *Покращити врожайність насіння батьківських компонентів кукурудзи шляхом внесення біопрепаратів та хімічних засобів захисту в оптимальні строки. Методи.* Дослід закладався на ділянках гібридизації гібрида кукурудзи *Хорол СВ* (як модельний об'єкт для тестування методів кастрації), а також ділянках насінництва материнського *Ук Пг 103* та батьківського *Ук 26 СВ* компонентів. Під час проведення досліджень було застосовано метод польового дослідження, ваговий, розрахунковий та статистичний. **Результати.** *Встановлено, що у 2021–2023 рр., за дворазової обробки фунгіцидом Аканто+ та використання препарату Біо-Гель, порівнюючи з контролем у материнського компонента УкПг 103 С приріст хвороби був меншим незалежно від методів кастрації. За ручної кастрації (поширення –1,5%, розвиток –3,23%), механічної (поширення –1,1%, розвиток –2%), без кастрації (поширення –0,33%, розвиток –1,3%), щодо пухирчастої сажки. Ураження гельмінтоспориозом і зниження поширення (43,3–50%) та розвитку хвороби порівняно з контролем відбулося за обох методів кастрації (ручна –2,43%, механічна по –2,23% відповідно) та без неї (–0,7%). Зниження ураження та поширення пухирчастої сажки спостерігалось і у батьківського компонента Ук 26 СВ за всіх форм кастрації: ручна (поширення –2,5%, розвиток –3,03%), механічна (поширення –2,17%, розвиток –2,63%), а без кастрації (поширення –1,34%, розвиток –1,5%). Ураження гельмінтоспориозом також було нижчим на 40–50%. Зниження розвитку хвороби порівняно з контролем відбулося за ручної кастрації (–1,93%), механічної (–1,77%) та без кастрації (–1%). У гібрида *Хорол СВ* ураження сажкою виявилось у посиленні поширення і розвитку хвороби за ручної і механічної форми кастрації за використання різних методів кастрації. За ручного методу кастрації (поширення –0,33%, розвиток –1,07%), механічного (поширення –0,44%, розвиток –0,94%), без кастрації (поширення –0,17%, розвиток –2,37%). Розвиток гельмінтоспориозу був за ручної кастрації –30%, без кастрації –0,33, за механічного методу – вищий за контроль на 0,1%. Найбільше зростання врожайності було отримано за дворазової обробки фунгіцидом Аканто+ та Біо-Гель до та після кастрації: +1,99 т/га, або 15,9% відповідно. Висновки.* *В результаті досліджень встановлено, що для отримання високого врожаю насіння кукурудзи у насінневих посівах оптимальним є використання препаратів Аканто+ та Біо-Гель для зміцнення імунітету рослин та зменшення розвитку патогенів.*

Ключові слова: *фунгіцид Аканто+, препарат Біо-Гель, стійкість, сажка.*

Вступ. Кукурудза є однією з найважливіших та найприбутковіших сільськогосподарських культур, як у світі, так і в Україні. Значні втрати врожайності кукурудзи (до 50%) відбуваються за рахунок хвороб [1–3]. Недотримання сівозміни, мінімізація обробітку ґрунту, відсутність фунгіцидних обприскувань у період вегетації призводить до погіршення

фітосанітарного стану посівів і зростання шкідливості хвороб листків та качанів кукурудзи [1].

Шкідливі організми, зокрема збудники грибних хвороб рослин, значно знижують урожайність кукурудзи та погіршують якість зерна [4–6]. Завданням сучасних технологій вирощування кукурудзи є якісний догляд за рослинами у період їх вегетації,

зокрема застосування ефективного фунгіцидного захисту [7–9]. Використання ефективних препаратів для захисту рослин кукурудзи від хвороб підвищує врожайність культури та покращує якісні показники зерна [10–12]. За останні роки зросла шкідливість хвороб на всіх культурах, збільшилось їх епіфітотійне поширення. Тому за сучасних умов виникла гостра необхідність фітосанітарного моніторингу агроценозів. Інфекційне навантаження на рослини кукурудзи посилюється зі зміною стадій онтогенезу, і найбільше вона потребує захисту від фітопатогенів на 5-6 макростадії розвитку. Навіть якщо симптоми хвороби не проявляються, патогени, особливо збудники грибних хвороб, заселяють рослину. Відомо, що після кастрації, особливо за допомогою механічного кастратора, внаслідок пошкодження стебла та листкової пластини кукурудзи різко збільшується заселення патогенами, які, розвиваючись, використовують частину пластичних речовин рослини, знижуючи тим самим урожайність гібридного насіння, та, ймовірно, його посівні властивості [1]. Саме тому набуває поширення практика обробки фунгіцидами промислових посівів кукурудзи до та після цвітіння, що сприяє збільшенню врожайності зерна [2].

Мета досліджень. Покращити врожайність гібрида і батьківських компонентів насіння кукурудзи шляхом внесення біопрепаратів та хімічних засобів захисту в оптимальні строки.

Матеріали та методи досліджень. Посів проведений селекційною порційною сівалкою із шириною міжрядь 70 см. Дослід закладався на ділянках рослин F1 гібрида кукурудзи Хорол СВ (як модельного об'єкта), материнського компонента Ук Пг 103 та батьківського Ук 26 СВ.

Схема дослідю включала фактори: обробка фунгіцидом Аканто Плюс, час обробки, спосіб кастрації чи без кастрації, використання препарату Біо-Гель, що разом складало 24 варіанти.

Фенологічні спостереження проведені за методикою державного сорто випробування [13]. Під час оцінювання селекційного матеріалу головна увага зосереджена на визначенні етапів органогенезу, фаз розвитку, вегетаційного періоду, продуктивності рослин і їх стійкості до стресових біотичних та абіотичних чинників навколишнього середовища. Методика проведення досліджень загальноприйнята для польових і лабораторних дослідів [14]. Фенологічні спостереження, оцінки, облік урожаю та визначення якості зерна проводились за методиками, що наведені

у «Методиці державного сорто випробування сільськогосподарських культур» [15]. Отримані дані обробляються різними методами статистики [16].

Дослідні ділянки перед посівом двічі обробляли препаратом Біо-Гель, який є добривом органічного походження, містить амінокислоти, макро- і мікроелементи, сапрофітні мікроорганізми природної органічної сировини та має стимулювальну дію. Норма внесення для позакореневого оброблення посівів – 2 л/га. Упродовж вегетації кукурудза на дослідних ділянках відповідно до схеми дослідю оброблялася фунгіцидом Аканто+ (пікоксістробін – 200 г/л, ципроконазол – 80 г/л), що ефективний проти гельмінтоспоріозу та іржі. Норма внесення – 1 л/га.

Результати та їх обговорення. За 2021–2023 рр. дослідження ураженість рослин материнської УкПг 103 С і батьківської Ук 26 СВ компоненти та гібрида Хорол СВ кукурудзи патогенами у варіанті без обробки (контроль) була різною як для пухирчастої сажки, так і для гельмінтоспоріозу (табл. 1).

За ручної форми кастрації материнської УкПг 103 С ураженість пухирчастою сажкою коливалася, поширеність була від 1% (2021 р.) до 2% (2022 р.), відповідно розвиток становив від 3,5% (2021 р.) до 3,2% (2023 р.). Менша ураженість пухирчастою сажкою була за механічної форми кастрації і без кастрації. Тільки у 2021 р. за механічної форми кастрації розвиток патогена не спостерігався. За 2021–2023 рр. пухирчастою сажкою материнський компонент уражувався за ручної форми кастрації, до того ж поширення хвороби становило 1,5%, розвиток – 3,23%. За механічної форми кастрації ураження материнського компонента було нижчим, зокрема поширення сягало 1,3%, розвиток – 2%. Без кастрації ураження було найнижчим тому поширення – 1%, а розвиток – 1,97%. За 2021–2023 рр. найнижчу ураженість без кастрації відмічено по гельмінтоспоріозу (поширення – 93,3%, розвиток – 2,03%). Ураженість гельмінтоспоріозом була максимально 100%, але у варіанті без кастрації зменшилася на 10% у 2022 і 2023 рр.

Щодо батьківського компонента Ук 26 СВ без обробки (контроль) за 2021–2023 рр. без кастрації ураження було найнижчим (поширення – 1,67%, розвиток – 1,83%). За 2021–2023 рр. нижчу ураженість без кастрації відмічено по гельмінтоспоріозу (поширення – 90%, розвиток – 2%).

Контроль без обробки добривом та фунгіцидом гібрида Хорол СВ показав найбільший розвиток та поширення хвороб за всіх форм кастрації. Посилене

поширення і розвиток сажки спостерігався на варіанті з ручною кастрацією 2% і 4,5% відповідно. Поширення гелмінтоспориозу на всіх варіантах було 100%, а найбільший розвиток (3,6%) за ручної кастрації. За 2021–2023 рр. найнижче ураження гібрида Хорол СВ пухирчастою сажкою виявлено без кастрації (поширення – 1,13%, розвиток – 3,7%).

Ураженість гелмінтоспориозом найменшою була за механічної кастрації (розвиток 3,17%).

За 2021–2023 рр. дослідження ураженість рослин материнської УкПг 103 С і батьківської Ук 26 СВ компоненти та гібрида Хорол СВ кукурудзи патогенами за використання препарату Біо-Гель була різною як для пухирчастої сажки, так і для гелмінтоспориозу

Таблиця 1. Ураженість рослин материнської УкПг 103 С і батьківської Ук 26 СВ компоненти, та гібрида Хорол СВ кукурудзи патогенами у варіанті без обробки (контроль)

	Форми кастрації, хімічний засіб	Рік	Пухирчата сажка, %		Гелмінтоспориоз, %	
			поширення	розвиток	поширення	розвиток
♀ УкПг 103 С (контроль без обробки)	Ручна	2021	1	3,5	100	3,8
	Механічна		0	0	100	3,3
	Без кастрації		1	3	100	2
	Ручна	2022	2	3	100	3,3
	Механічна		2	3	100	3,3
	Без кастрації		1	1,5	90	2
	Ручна	2023	1,5	3,2	100	3,2
	Механічна		1,3	3	100	3,1
	Без кастрації		1	1,4	90	2,1
	Ручна	2021–2023	1,5	3,23	100	3,43
	Механічна		1,1	2	100	3,23
Без кастрації	1		1,97	93,3	2,03	
♂ Ук 26 СВ (контроль без обробки)	Ручна	2021	3	2,6	100	2,8
	Механічна		2,5	2,1	100	2,3
	Без кастрації		2	2	80	2
	Ручна	2022	2,5	3	100	3
	Механічна		2	1,8	100	3
	Без кастрації		1	1,5	100	2
	Ручна	2023	2	3,5	100	3
	Механічна		2	4	100	3
	Без кастрації		2	2	90	2
	Ручна	2021–2023	2,5	3,03	100	2,93
	Механічна		2,17	2,63	100	2,77
Без кастрації	1,67		1,83	90	2	
гібрид Хорол СВ (контроль без обробки)	Ручна	2021	2	4,5	100	3,2
	Механічна		1	4	100	3
	Без кастрації		1	4	100	3,5
	Ручна	2022	2	3,8	100	3,6
	Механічна		2	3,7	100	3,1
	Без кастрації		1	3,7	100	3,5
	Ручна	2023	1,2	3,4	100	3,3
	Механічна		1,4	3,6	100	3,4
	Без кастрації		1,4	3,4	100	3,2
	Ручна	2021–2023	1,7	3,9	100	3,37
	Механічна		1,47	3,77	100	3,17
Без кастрації	1,13		3,7	100	3,4	

(табл. 2). Материнська форма УкПг 103 С найменше уражувалася пухирчастою сажкою без кастрації (поширення – 0,67%, розвиток – 1,17%) та гельмінтоспориозом (поширення – 76,7%, розвиток – 1,47%) У батьківського компонента Ук 26 СВ вона була найнижчою для пухирчастої сажки (поширення і

розвиток по 1% відповідно) та гельмінтоспориозу (поширення – 100%, розвиток – 3,03%).

Для модельного гібрида Хорол СВ Біо-Гель кращі результати показав за ручної кастрації (поширення сажки – 0,73% та розвиток – 2,13%) та без кастрації (поширення гельмінтоспориозу – 100%, розвиток – 3,13%).

Таблиця 2. Ураженість рослин материнської УкПг 103 С і батьківської Ук 26 СВ компоненти гібрида Хорол СВ кукурудзи патогенами без обробки фунгіцидом за використання препарату Біо-Гель

	Форми кастрації, хімічний засіб	Рік	Пухирчаста сажка, %		Гельмінтоспориоз, %	
			поширення	розвиток	поширення	розвиток
♀ УкПг 103 С Біогель	Ручна	2021	1	3,3	100	3,1
	Механічна		1	2	80	2
	Без кастрації		0	0	70	1
	Ручна	2022	2,5	2	100	3,3
	Механічна		1	2	90	2,1
	Без кастрації		1	1	80	2
	Ручна	2023	1,6	3	100	3,2
	Механічна		1,5	2	80	2,3
	Без кастрації		1	1,5	80	1,4
	Ручна	2021–2023	1,7	2,77	100	3,2
Механічна	1,17		2	83,3	2,13	
Без кастрації	0,67		1,17	76,7	1,47	
♂ Ук 26 СВ Біо-Гель	Ручна	2021	2	2,6	100	3,2
	Механічна		2	2,1	100	3
	Без кастрації		1	2	100	3,6
	Ручна	2022	1,5	2	100	3,1
	Механічна		2	1	100	3,5
	Без кастрації		0	0	100	2,9
	Ручна	2023	2	2,3	100	3,7
	Механічна		2	3	100	3,4
	Без кастрації		2	1	100	2,6
	Ручна	2021–2023	1,83	2,3	100	3,33
Механічна	2		2,03	100	3,3	
Без кастрації	1		1	100	3,03	
гібрид Хорол СВ Біо-Гель	Ручна	2021	1,1	3,2	100	3,6
	Механічна		1,3	3,1	100	3,5
	Без кастрації		1,2	3,2	100	3,2
	Ручна	2022	0	0	100	3
	Механічна		1	3	100	3
	Без кастрації		1	2	100	3
	Ручна	2023	1,1	3,2	100	3,6
	Механічна		1,3	3,1	100	3,5
	Без кастрації		1,2	3,2	100	3,2
	Ручна	2021–2023	0,73	2,13	100	3,4
Механічна	1,2		3,07	100	3,33	
Без кастрації	1,13		2,8	100	3,13	

У материнського компонента УкПг 103 С за обробки рослин кукурудзи тільки фунгіцидом Аканто+ до кастрації розвиток пухирчастої сажки та поширення хвороб 0–3% (табл. 3). Розвиток гелмінтоспоріозу становив від 1 до 3%, однак поширення хвороби було дуже високим (80–100%) на всіх формах кастрації. За три роки нижча ураженість сажкою відмічено за

використання методу без кастрації (розвиток і поширення по 0,67%), а також спостерігалася нижча ураженість гелмінтоспоріозом – поширення – 80%, розвиток – 1,33%.

У батьківського компонента Ук 26 СВ за обробки рослин кукурудзи тільки фунгіцидом Аканто+ до кастрації розвиток пухирчастої сажки та поширення хвороб 0–3%.

Таблиця 3. Ураженість рослин материнської УкПг 103 С і батьківської Ук 26 СВ компоненти гібрида Хорол СВ кукурудзи патогенами за обробки фунгіцидом Аканто+ до кастрації

	Форми кастрації, хімічний засіб	Рік	Пухирчаста сажка, %		Гелмінтоспоріоз, %	
			поширення	розвиток	поширення	розвиток
♀ УкПг 103 С Аканто+ до кастрації	Ручна	2021	3	3	100	3
	Механічна		1	1	100	2
	Без кастрації		1	1	80	1
	Ручна	2022	2	1	100	3
	Механічна		1	1	100	2,5
	Без кастрації		0	0	80	2
	Ручна	2023	2	1	100	3
	Механічна		1	1	100	2
	Без кастрації		1	1	80	1
	Ручна	2021–2023	2,3	1,33	100	3
	Механічна		1	1	100	2,17
	Без кастрації		0,67	0,67	80	1,33
♂ Ук 26 СВ Аканто+ до кастрації	Ручна	2021	2	2	100	3
	Механічна		2	2	100	3
	Без кастрації		1	1	100	2
	Ручна	2022	3	2	100	3,5
	Механічна		0	0	100	3
	Без кастрації		0	0	100	2
	Ручна	2023	1	1	100	3
	Механічна		1	1	100	3
	Без кастрації		1	1	100	2
	Ручна	2021–2023	2	1,67	100	3,17
	Механічна		1	1	100	3
	Без кастрації		0,67	0,67	100	2
гібрид Хорол СВ Аканто+ до кастрації	Ручна	2021	2	4	100	3,5
	Механічна		1	3	100	3,5
	Без кастрації		1	4	100	3,5
	Ручна	2022	1	2	100	2
	Механічна		1	3	100	3
	Без кастрації		1	3	100	3,5
	Ручна	2023	1,1	3	100	2,9
	Механічна		1,2	3,1	100	3,5
	Без кастрації		1	2,9	100	3,1
	Ручна	2021–2023	1,37	3	100	2,8
	Механічна		1,07	3,03	100	3,33
	Без кастрації		1	3,3	100	3,37

Розвиток гельмінтоспоріозу становив від 2 до 3,5%, однак поширення хвороби мало дуже високу сприйнятливність (100%) на всіх формах кастрації. За три роки нижча ураженість сажкою відмічена без кастрації (розвиток і поширення по 0,67%), ураженість гельмінтоспоріозом (поширення–100%, розвиток – 2%).

У гібрида Хорол СВ як модельного об'єкта для тестування комбінації захисту, добрив і методу

кастрації за обробки рослин кукурудзи лише фунгіцидом Аканто+ до кастрації розвиток пухирчатої сажки становив 2–4%, а поширення – 1-2%. Розвиток гельмінтоспоріозу варіював у межах 2–3,5%, однак поширення хвороби мало дуже високу сприйнятливність (100%) на всіх формах кастрації. За три роки нижча ураженість сажкою виявлена за ручної форми (розвиток 3%) і без кастрації (поширення 1%),

Таблиця 4. Ураженість рослин материнської УкПг 103 С і батьківської Ук 26 СВ компоненти гібрида Хорол СВ за обробки до кастрації фунгіцидом Аканто+ та використання препарату Біо-Гель

	Форми кастрації, хімічний засіб	Рік	Пухирчата сажка, %		Гельмінтоспоріоз, %	
			поширення	розвиток	поширення	розвиток
♀ УкПг 103 С Біо-Гель і Аканто+ до кастрації	Ручна	2021	2	2	80	2
	Механічна		1	1	80	2
	Без кастрації		1	1	80	1
	Ручна	2022	0	0	80	2
	Механічна		0	0	80	2
	Без кастрації		0	0	80	2
	Ручна	2023	2	2	80	2
	Механічна		1	1	80	1
	Без кастрації		1	1	80	1
	Ручна	2021–2023	1,33	1,33	80	2
	Механічна		0,67	0,67	80	1,67
	Без кастрації		0,67	0,67	80	1,33
♂ Ук 26 СВ Біо-Гель і Аканто+ до кастрації	Ручна	2021	3	2	80	2
	Механічна		2	2	80	1
	Без кастрації		2	2	80	2
	Ручна	2022	3	2	80	3
	Механічна		1	1	80	2
	Без кастрації		1	1	80	1
	Ручна	2023	1	1	80	2
	Механічна		1	1	80	2
	Без кастрації		1	1	80	3
	Ручна	2021–2023	2,33	1,67	80	2,33
	Механічна		1,33	1,33	80	1,67
	Без кастрації		1,33	1,33	80	2
гібрид Хорол СВ Біо-Гель і Аканто+ до кастрації	Ручна	2021	5	3	100	3,5
	Механічна		1	3	100	3
	Без кастрації		1	1	100	3,5
	Ручна	2022	4	2	100	3,5
	Механічна		2	3	100	3,1
	Без кастрації		3	2	100	3,6
	Ручна	2023	3,5	2,5	100	3,3
	Механічна		2,7	2,1	100	3,5
	Без кастрації		1,6	2,2	100	3,1
	Ручна	2021–2023	4,17	2,5	100	3,43
	Механічна		1,9	2,7	100	3,2
	Без кастрації		1,87	1,73	100	3,4

ураженість гельмінтоспориозом (поширення 100%, розвиток 2, 8% за ручної форми кастрації).

У материнського компонента УкПг 103 С кукурудзи за обробки до кастрації фунгіцидом Аканто+ та використання препарату Біо-Гель, розвиток пухирчастої сажки та поширення хвороб становив 0–2%

(табл. 4). За три роки ураження сажкою за ручної кастрації сягало 1,33%, за механічної і без кастрації по 0,67%).

Розвиток гельмінтоспориозу становив від 1 до 2%, однак поширення хвороби було дуже високим (80%) за використання усіх форм кастрації. За три роки

Таблиця 5. Ураженість рослин материнської УкПг 103 С і батьківської Ук 26 СВ компоненти гібрида Хорол СВ за дворазової обробки фунгіцидом Аканто + та використання препарату Біо-Гель

	Форми кастрації, хімічний засіб	Рік	Пухирчата сажка, %		Гельмінтоспориоз, %	
			поширення	розвиток	поширення	розвиток
♀ УкПг 103 С дворазової Аканто+ та Біо-Гель	Ручна	2021	0	0	50	1
	Механічна		0	0	50	1
	Без кастрації		1	1	50	1
	Ручна	2022	0	0	50	1
	Механічна		0	0	50	1
	Без кастрації		0	0	50	1
	Ручна	2023	0	0	50	1
	Механічна		0	0	50	1
	Без кастрації		1	1	50	2
	Ручна	2021–2023	0	0	50	1
	Механічна		0	0	50	1
	Без кастрації		0,67	0,67	50	1,33
♂ Ук 26 СВ дворазової Аканто+ та Біо-Гель	Ручна	2021	0	0	50	1
	Механічна		0	0	50	1
	Без кастрації		0	0	50	1
	Ручна	2022	0	0	50	1
	Механічна		0	0	50	1
	Без кастрації		0	0	50	1
	Ручна	2023	0	0	50	1
	Механічна		0	0	50	1
	Без кастрації		1	1	50	1
	Ручна	2021–2023	0	0	50	1
	Механічна		0	0	50	1
	Без кастрації		0,33	0,33	50	1
гібрид Хорол СВ дворазової Аканто+ та Біо-Гель	Ручна	2021	1	3	100	3,3
	Механічна		1	4	100	3,1
	Без кастрації		0	0	100	3,5
	Ручна	2022	2	4	100	3,2
	Механічна		1	1	100	3,5
	Без кастрації		3	2	100	2,8
	Ручна	2023	1,1	1,5	100	3,2
	Механічна		1,1	2,3	100	3,2
	Без кастрації		0,9	2,0	100	2,9
	Ручна	2021–2023	1,37	2,83	100	3,23
	Механічна		1,03	2,43	100	3,27
	Без кастрації		1,3	1,33	100	3,07

була нижча ураженість гельмінтоспориозом (поширення – 80%, розвиток – 2% за ручної кастрації), за механічної кастрації – 1,67%, без кастрації – 1,33%.

У батьківського компонента Ук 26 СВ кукурудзи за обробки до кастрації фунгіцидом Аканто+ та використання препарату Біо-Гель, розвиток пухирчастої сажки та поширення хвороб сягав 1–3%. За три роки ураження сажкою становило (за ручної – поширення 2,33%, розвиток 1,67%), (за механічної і без

кастрації – по 1,33%). Розвиток гельмінтоспориозу сягав від 1 до 3%, однак поширення хвороби було дуже високим (80%) на всіх формах кастрації.

У гібрида кукурудзи Хорол СВ за обробки до кастрації фунгіцидом Аканто+ та використання препарату Біо-Гель, розвиток пухирчастої сажки та поширення хвороб 1–5%. За три роки ураження сажкою (ручна поширення – 4,17%, розвиток – 2,5%), (за механічної поширення було 1,9%, розвиток – 2,7%)

Таблиця 6. Приріст ураженості рослин материнської УкПг 103 С і батьківської Ук 26 СВ компоненти, гібрида Хорол СВ за двохразової обробки фунгіцидом Аканто+ та використання препарату Біо-Гель

	Форми кастрації	Рік	Пухирчата сажка, %		Гельмінтоспориоз, %	
			поширення	розвиток	поширення	розвиток
♀ УкПг 103 С	Ручна	2021–2023 контроль	1,5	3,23	100	3,43
	Механічна		1,1	2	100	3,23
	Без кастрації		1	1,97	93,3	2,03
	Ручна	двохразової Аканто+ та Біо-Гель	0	0	50	1
	Механічна		0	0	50	1
	Без кастрації		0,67	0,67	50	1,33
	Ручна	Приріст до контролю (+) двохразової Аканто+ та Біо-Гель (-)	-1,5**	-3,23	-50	-2,43
	Механічна		-1,1	-2	-50	-2,23
	Без кастрації		-0,33	-1,3	-43,3	-0,7
♂ Ук 26 СВ	Ручна	2021–2023 контроль	2,5	3,03	100	2,93
	Механічна		2,17	2,63	100	2,77
	Без кастрації		1,67	1,83	90	2
	Ручна	двохразової Аканто+ та Біо-Гель	0	0	50	1
	Механічна		0	0	50	1
	Без кастрації		0,33	0,33	50	1
	Ручна	Приріст до контролю (+) двохразової Аканто+ та Біо-Гель (-)	-2,5	-3,03	-50	-1,93
	Механічна		-2,17	-2,63	-50	-1,77
	Без кастрації		-1,34	-1,5	-40	-1
гібрид Хорол СВ	Ручна	2021–2023 контроль	1,7	3,9	100	3,37
	Механічна		1,47	3,77	100	3,17
	Без кастрації		1,13	3,7	100	3,4
	Ручна	двохразової Аканто+ та Біо-Гель	1,37	2,83	100	3,23
	Механічна		1,03	2,43	100	3,27
	Без кастрації		1,3	1,33	100	3,07
	Ручна	Приріст до контролю (+) двохразової Аканто+ та Біо-Гель (-)	-0,33	-1,07	–	-0,30
	Механічна		-0,44	-0,94	–	0,1
	Без кастрації		0,17	-2,37	–	-0,33

Примітка. * (+) контроль за ураженістю кращій, ніж за двохразової обробки фунгіцидом Аканто+ та використання препарату Біо-Гель; ** (-) за двохразової обробки фунгіцидом Аканто+ та застосування препарату Біо-Гель за ураженістю краща, ніж на контролі.

і (без кастрації поширення було 1,87%, розвиток –1,73%). Розвиток гелмінтоспоріозу становив від 3 до 3,6%, та поширення хвороби було дуже високим (100%) на всіх формах кастрації. За три роки ураженість гелмінтоспоріозом була велика. Поширення було 100%, розвиток хвороби за ручної кастрації становив 3,43%, за механічної – 3,2, без кастрації – 3,4%.

У материнського компонента УкПг 103 С за дворазової обробки фунгіцидом Аканто + та застосування препарату Біо-Гель, розвиток пухирчастої сажки становив 0-1% , а поширення хвороб 0-1% (табл. 5).

За три роки ураження сажкою було мінімальним (ручне поширення 0%, розвиток 0%), (механічне поширення – 0%, розвиток – 0% та без кастрації: поширення 1%, розвиток 1%). Розвиток гелмінтоспоріозу становив від 1% до 2%, однак поширення хвороби мало високу сприйнятливості (50%). За три роки ураженість гелмінтоспоріозом була досить однорідною: поширення – 50%, розвиток 1-1,33% за різних методів кастрації.

У батьківського компонента Ук 26 СВ ураження пухирчастою сажкою, розвиток та поширення хвороби були мінімальні по 0-1%. За три роки найвище ураження сажкою спостерігалось у варіантах без кастрації: поширення – 0,33%, розвиток – 0,33%). Розвиток гелмінтоспоріозу сягав 1%, однак поширення хвороби мало дуже високу сприйнятливості (50%).

У гібрида кукурудзи Хорол СВ розвиток пухирчастої сажки був 0–3% та поширення хвороби 1–4%. За три роки ураження сажкою становило (за ручної: поширення – 1,37%, розвиток – 2,83%), (за механічної: поширення – 1,03%, розвиток – 2,43%) та без кастрації (поширення – 1,3%, а розвиток – 1,33%).

Розвиток гелмінтоспоріозу сягав 2,8–3,5%, однак поширення хвороби мало дуже високу сприйнятливості (100%). За три роки ураженість гелмінтоспоріозом була 100%, розвиток за ручної кастрації – 3,23%, за механічної – 3,27 і без кастрації – 3,07%.

Проведено дослідження з приросту ураженості рослин материнської УкПг 103 С і батьківської Ук 26 СВ компоненти гібрида Хорол СВ за дворазової обробки фунгіцидом Аканто + та використання препарату Біо-Гель (табл. 6).

У 2021–2023 рр. за дворазової обробки фунгіцидом Аканто + та використання препарату Біо-Гель, порівнюючи з контролем у материнського компонента УкПг 103 С приріст хвороби був не за всіх форм кастрації, проте проходить зниження розвитку хвороби порівняно з контролем. Щодо пухирчастої

сажки за ручної кастрації (поширення –1,5%, розвиток –3,23%), механічної (поширення –1,1%, розвиток –2%), без кастрації (поширення –0,33%, розвиток –1,3%) спостерігалось зниження ураженості: ураження гелмінтоспоріозом становило (43,3–50%), а розвиток хвороби порівняно з контролем зменшився за всіх форм кастрації (ручна до –2,43%, механічна до –2,23, без кастрації до –0,7%).

Зниження ураження сажкою відбулося і у батьківського компонента Ук 26 СВ поширення за всіх форм кастрації: ручна (поширення –2,5%, розвиток –3,03%), механічна (поширення –2,17%, розвиток –2,63%), без кастрації (поширення –1,34%, розвиток –1,5%). Посилення гелмінтоспоріозом було нижчим на 40–50%. Зниження розвитку хвороби від контролю відбулося за ручної –1,93% форми кастрації, механічної –1,77 та без кастрації –1%.

У гібрида Хорол СВ зниження ураження сажкою чітко відобразилося у поширенні за ручної і механічної форми кастрації і розвитку за всіх форм кастрації. Форма кастрації ручна (поширення –0,33%, розвиток –1,07%), механічна (поширення –0,44%, розвиток 0,94%), без кастрації (поширення – 0,17%, розвиток –2,37%). Розвиток гелмінтоспоріозу за ручної кастрації –30%, без кастрації –0,33 та за механічної кастрації переважав контроль на 0,1%.

Узагальнений аналіз впливу на врожайність насіння кукурудзи різних способів кастрації та використання хімічних засобів підживлення і захисту у період гібридизації показав, що рослини кукурудзи по-різному реагували на застосування цих заходів (табл. 7).

Щодо ефективності способів або форм кастрації, то у середньому за всіх варіантів обробки посівів Аканто+ та/або Біо-Гель, механічна кастрація сприяла підвищенню врожайності насіння на +1,3 т/га, або 10,8%, ручна – на +1,2 т/га, або 10,1% порівняно до посівів, де кастрацію не проводили.

Найменш ефективною була обробка Аканто+ тільки після кастрації з приростом урожайності, порівняно до контролю, +0,91 т/га, або 7,9%. Більший приріст отримано за обробки до кастрації – +1,41 т/га, або 11,9%.

Найкраще зростання врожайності було отримано за дворазової обробки фунгіцидом Аканто+ та Біо-Гель до та після кастрації – +1,99 т/га, або 15,9%.

Висновки. Встановлено, що у 2021–2023 рр., за дворазової обробки фунгіцидом Аканто + та використання препарату Біо-Гель, порівнюючи з контролем

Таблиця 7. Урожайність гібрида кукурудзи Хорол СВ залежно від застосування фунгіцидів і добрив, т/га, середнє 2021–2023 рр.

Обробка посівів Аканто+ (фактор В)	Форма кастрації (фактор А)						Середнє за часом обробки Аканто+
	без кастрації		ручна		механічна		
	обробка посівів Біо-Гель						
	без обробки	обробка	без обробки	обробка	без обробки	обробка	
Без обробки (контроль)	9,23	9,59	10,80	10,87	10,34	11,93	10,46
Обробка до кастрації	10,65	11,47	11,94	12,53	11,96	12,65	11,87
Обробка після кастрації	10,22	10,93	11,11	12,36	11,32	12,25	11,37
Дворазова обробка – до і після кастрації	11,74	11,86	12,68	12,81	12,73	12,89	12,45
Середнє за формою кастрації	10,71		11,89		12,01		

у материнського компонента УкПг 103 С, у батьківського компонента Ук 26 СВ та у гібрида Хорол СВ у більшості варіантів проходить зниження розвитку і поширення пухирчастої сажки та гельмінтоспоріозу порівняно з контролем. За порівняння впливу методу кастрації на врожайність насіння за всіх варіантів обробки посівів Аканто+ та/або Біо-Гель, механічна

кастрація сприяла підвищенню врожайності насіння на +1,3 т/га, або 10,8%, ручна – на +1,2 т/га. Тобто методи кастрації мали вплив на ураженість зразків хворобами, але не впливали на врожайність. Найбільше зростання врожайності у ліній було отримано за дворазової обробки фунгіцидом Аканто+ та Біо-Гель до та після кастрації – +1,99 т/га, або 15,9%.

ЛІТЕРАТУРА

- Шинкарук Л.М., Лихочвор В.В., Вахняк В.С. Врожайність кукурудзи залежно від строків та кратності застосування фунгіцидів в умовах західного Лісостепу України. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*. 2020. Вип. 32. С. 90–96.
- Василенко Р.М., Засць С.О. Продуктивність кукурудзи залежно від строків сівби та захисту від хвороб та шкідників. *Зрошуване землеробство. Збірник наукових праць*. 2017. Вип. 67. С. 69–72.
- Вох М.В., Антоненко О.Ф., Галиш Ф.С. Поширення і розвиток гельмінтоспоріозу в зонах вирощування кукурудзи. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Сер.: Агрономія*. 2012. Вип. 176. С. 296–300.
- Rooney, L.W., Serna-Saldivar, S.O. Food use of whole corn and dry-milled fractions. Chapter 13. In: PJ White, LA Johnson, eds. *Corn: chemistry and technology*, Edition 2nd. American Association of Cereal Chemists, Inc. St. Paul, Minnesota, USA. 2003. P. 495–535.
- The Biology of *Zea mays* L. ssp *mays* (maize or corn). Ageing Office of the Gene Technology Regulator. Department of health and care technology. Australia. 2008. P. 80.
- White, P.J. Properties of corn starch. Chapter 2. In: AR Hallauer, ed. *Specialty corns*. CRC Press Inc Boca Raton, USA. 1994. P. 29–54.
- Аграрні рішення. BASF. URL: <https://www.agro.basf.ua/uk/Products/Productsearch/>.
- АгроекспертТрейд. Технологія вирощування кукурудзи. URL: <https://agroexp.com.ua/uk/tehnologiya-vyrashchivaniyakukuruzy/>.
- CAROL M. KOPP. The World's 6 Biggest Corn Producers. URL: <https://www.investopedia.com/articles/marketseconomy/090316/6-countries-produce-most-corn.asp>.
- Boyer, C.D., Hannah, L.C. Kernel mutants of corn. Chapter 1. In: AR Hallauer, ed. *Specialty corns*. CRC Press Inc Boca Raton, USA. 1994. P. 128.
- Duensing, W.J., Roskens, A.B., Alexander, R.J. Corn dry milling: processes, products, and applications. Chapter 11. In: PJ White, LA Johnson, eds. *Corn: chemistry and technology*, Edition 2nd. American Association of Cerial Chemicals, Inc. St. Paul, Minnesota, USA. 2003. P. 407–447.
- USDA. Crop explorer. URL: https://ipad.fas.usda.gov/cropexplorer/pecad_stories.aspx/regionid/umb&ftype/prodbriefs.

13. Широкий унифицированный классификатор СЭВ и Международный классификатор СЭВ видов *Zea mays*. 1997. 80 с.
14. Методика державного сортовипробування сільськогосподарських культур. Загальна частина. Київ, 2000. 100 с.
15. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. Колос, 1965. 422 с.
16. Халафян А. А. Statistica 6. Статистический анализ данных. 2010. 528 с.

REFERENCES

1. Shynkaruk L.M., Lykhochvor V.V., Vakhnyak V.S. (2020). Corn yield depending on the timing and frequency of fungicide application in the conditions of the western Forest-Steppe of Ukraine. *Podilskyi visnyk: agriculture, technology, economics*, 32, 90–96 [in Ukrainian].
2. Vasylenko R.M., Zaets S.O. (2017). Corn productivity depending on the timing of sowing and protection against diseases and pests. *Irrigated agriculture. Collection of scientific papers*, 67, 69–72 [in Ukrainian].
3. Voh M.V., Antonenko O.F., Galysh F.S. (2012). Distribution and development of helminthiasis in corn growing zones. *Scientific Bulletin of the National University of Life Resources and Environmental Management of Ukraine. Ser.: Agronomy*, 176, 296–300 [in Ukrainian].
4. Rooney, L.W., Serna-Saldivar, S.O. (2003). Food use of whole corn and dry-milled fractions. Chapter 13. In: PJ White, LA Johnson, eds. *Corn: chemistry and technology*, Edition 2nd. American Association of Cereal Chemists, Inc. St. Paul, Minnesota, USA. P. 495–535 [in English].
5. The Biology of *Zea mays* L. ssp *mays* (maize or corn) (2008). Aging Office of the Gene Technology Regulator. Department of health and care technology. Australia. P. 80 [in English].
6. White, P.J. (1994). Properties of corn starch. Chapter 2. In: AR Hallauer, ed. *Specialty corns*. CRC Press Inc Boca Raton, USA. P. 29–54 [in English].
7. Agricultural Solutions. BASF. URL: <https://www.agro.basf.ua/uk/Products/Productsearch/> [in Ukrainian].
8. Agroexpert Trade. Corn Growing Technology. URL: <https://agroexp.com.ua/uk/tehnologiya-vyrashchivaniyakukuruzy/> [in Ukrainian].
9. CAROL M. KOPP. The World's 6 Biggest Corn Producers. URL: <https://www.investopedia.com/articles/marketseconomy/090316/6-countries-produce-most-corn.asp> [in English].
10. Boyer, C.D., Hannah, L.C. (1994). Kernel mutants of corn. Chapter 1. In: AR Hallauer, ed. *Specialty corns*. CRC Press Inc Boca Raton, USA. P. 128 [in English].
11. Duensing, W.J., Roskens, A.B., Alexander, R.J. (2003). Corn dry milling: processes, products, and applications. Chapter 11. In: PJ White, LA Johnson, eds. *Corn: chemistry and technology*, Edition 2nd. American Association of Cereal Chemicals, Inc. St. Paul, Minnesota, USA. P. 407–447 [in English].
12. USDA. Crop explorer. URL: https://ipad.fas.usda.gov/cropeplorer/pecad_stories.aspx/regionid/umb&ftype/prodbriefs [in English].
13. Broad Unified Classifier of CEV and International CEV Classifier of *Zea mays* species (1997). 80 p. [in Ukrainian].
14. Methodology of state variety testing of agricultural crops (2000). General part. 100 p. [in Ukrainian].
15. Dospekhov B. A. (1965). Methodology of field experiments. Kolos. 422 p. [in Ukrainian].
16. Khalafyan A. A. (2010). Statistica 6. Statistical analysis of data. 528 p. [in Ukrainian].

Holyk L.M., Levchenko O.S., Ivashchenko S.F.

Formation of yield of hybrid corn Khorol SV depends on the application of chemical protective measures during hybridization

Aim. To improve the yield of the hybrid and parental components of corn seeds by applying biological products and chemical protective agents at optimal times. **Methods.** The experiment was conducted on plots of the hybrid corn Khorol SV, the maternal component Uk Pg 103 and the parental Uk 26 SV. During the research, the field experiment method, weight, calculation and statistical methods were used. **Results.** The experimental scheme includes factors: treatment with the fungicide Acanto Plus, treatment time, castration method or without castration, use of the drug «Biogel», which together amounted to 24 options. The experimental plots were treated twice with the drug Biogel before sowing. The application rate for foliar treatment of crops is 2 l/ha. During the growing season, corn on the experimental plots was treated with the fungicide Acanto+, which is effective against helminthiasis and

rust, according to the experimental scheme. The application rate is 1 l/ha. **Conclusions.** It was established that in 2021–2023, with double treatment with the fungicide Akanto+ and use of the drug «Biogel», compared with the control in the maternal component UkPg 103 C, the increase in the disease was not in all forms of castration. To a greater extent, the disease decreases from the control (–). With manual castration (prevalence –1.5%, development –3.23%), mechanical (prevalence –1.1% development –2%), without castration (prevalence 0.33% development –1.3%), with respect to vesicular smut. The decrease in the prevalence (–43.3–50%) and the development of the disease from the control occurred with all forms of castration (manual –2.43%, mechanical –2.23%, without castration –0.7%). The decrease in the prevalence of vesicular smut also occurred in the parent component Uk 26 SV, the prevalence with all forms of castration: manual (prevalence –2.5% development –3.03%), mechanical (prevalence –2.17% development –2.63%), without castration (prevalence –1.34% development –1.5%). The prevalence of vesicular smut was lower by –40–50%. The decrease in the development of the disease from the control occurred with manual –1.93% form of castration, mechanical –1.77% and without castration –1%. Hybrid Khorol SV the decrease in the damage by soot occurred in the spread with manual and mechanical forms of castration and development with all forms of castration. The form of castration is manual (spread –0.33% development –1.07%), mechanical (spread –0.44% development –0.94%), without castration (spread 0.17% development –2.37%). The development of helminthiasis manual –30%, without castration –0.33, mechanical prevailed over the control 0.1%. Regarding the effectiveness of castration methods or forms, on average, for all options for treating crops with Akanto+ and/or Biogel, mechanical castration contributed to an increase in seed yield by +1.3 t/ha or 10.8%, manual castration by +1.2 t/ha or 10.1% compared to crops where castration was not performed. That is, castration has a positive effect on yield. The greatest increase in yield was obtained with two-time treatment with the fungicide Akanto+ and Biogel before and after castration – +1.99 t/ha or 15.9%.

Key words: fungicide Akanto+, preparation «Biogel», resistance, soot.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Голік Л.М., канд. с.-г. н., ст. н. сп., ННЦ «Інститут землеробства НААН», e-mail: holykselektioner@gmail.com, ORCID: 0000-0002-7157-6520.

Івашченко С.Ф., провідний агроном, ННЦ «Інститут землеробства НААН».

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

Holyk L.M., Candidate of agriculture science, senior scientist, NSC «Institute of Agriculture NAAS», e-mail:holykselektioner@gmail.com, ORCID: 0000-0002-7157-6520.

Ivashchenko S.F., senior agronomist, NSC «Institute of Agriculture of the NAAS».

Levchenko O.S., Doctor of Philosophy, NSC «Institute of Agriculture NAAS», e-mail: feniks1213@gmail.com, ORCID: 0000-0003-1639-326X.

Надійшла 19.02.2025

ХАРАКТЕРИСТИКА ВИХІДНОГО МАТЕРІАЛУ *TRITICUM AESTIVUM* L. СТВОРЕНОГО ЗА УЧАСТІ СОРТІВ ІЗ ПОКАЗНИКАМИ ЯКОСТІ СИЛЬНОЇ ПШЕНИЦІ

Н.М. Хорошко, Т.І. Муха

Миронівський інститут пшениці імені В.М. Ремесла НААН (с. Центральне, Україна)

Мета. Відібрати компоненти для схрещувань, які мають високий потенціал якості зерна і здатні забезпечувати високий вихід гібридного зерна за різноманітних агрокліматичних умов. **Методи.** Дослідження проводили у Миронівському інституті пшениці імені В. М. Ремесла НААН у лабораторії селекції озимої пшениці і лабораторії якості зерна впродовж 2023, 2024 рр. **Матеріали досліджень:** сорти пшениці м'якої озимої української селекції, які вирізняються показниками якості зерна на рівні сильної пшениці, і зареєстровані в Україні у різні роки; 30 гібридних комбінацій пшениці озимої отримані шляхом реципрокних схрещувань і також проаналізовано зав'язування зерен у процесі їх створення. **Закладання досліду і спостереження** виконували згідно з методиками: О.С. Мазманішвілі (2010), ДСТУ 4117:2007, А.Т. Опря та ін. (2014), Veil G.M. (1965). **Методи дослідження:** польовий і лабораторний, описово-статистичний, порівняння та узагальнення. **Результати.** У дослідженнях сортів пшениці м'якої озимої у 2023, 2024 рр. за вмістом білка спостерігали варіювання від 12,2 до 15,5% та 10,4 до 14,3%, відповідно, що засвідчило особливість геноплазм (генотипу) сортів, у яких є присутність показника якості зерна (вміст білка) сильної пшениці. Досліджували високі значення зав'язування зерна у гібридів у 2023 р. (Гейзер / Покровська (70,3%), МІП Ювілейна / Покровська (68,8%), Аврора Миронівська / МІП Ювілейна (68,0%), Гейзер / МІП Ювілейна (65,0%), МІП Ювілейна / МІП Княжна (64,0%)) у 2024 – Гейзер / МІП Княжна (70,6%), Покровська / МІП Княжна (50,8%). 40,0% (НД, ПУ, ЧПД) генотипів F_1 пшениці м'якої озимої, що аналізували за показником вмісту білка, перевищували кращу батьківську форму. **Висновки.** Підвищений вміст білка – це ознака, за якою доцільно проводити добір вихідного матеріалу в селекційних програмах на високу якість зерна. Виявлено високі значення зав'язування від 64,0 до 70,3% зерен у п'яти комбінаціях в 2023 р. (Гейзер / Покровська, МІП Ювілейна / Покровська, Аврора Миронівська / МІП Ювілейна, Гейзер / МІП Ювілейна, МІП Ювілейна / МІП Княжна) та у двох – Гейзер / МІП Княжна, Покровська / МІП Княжна у 2024 р. Отже, результати підтверджують доцільність використання у схрещуванні сортів пшениці МІП Княжна, МІП Ювілейна, Аврора Миронівська, Покровська, Гейзер, Гладь за показниками якості зерна сильної пшениці, що дає перспективу для виділення трансгресій серед майбутніх нових генотипів, які можуть бути високобілковими.

Ключові слова: пшениця м'яка озима, зав'язування зерна, гібрид, білок, фенотипові домінування.

Вступ. Пшениця (*Triticum aestivum* L.) – найпоширеніший ботанічний вид на планеті і є ключовою культурою, від якої залежить глобальна продовольча безпека [1]. Попри високі обсяги виробництва, забезпечити стабільну якість і кількість зерна стає дедалі складніше через кліматичні ризики, деградацію ґрунтів і поширення хвороб.

Якість зерна пшениці є однією з найважливіших характеристик, що визначають його харчову, кормову та промислову цінність. Від цього показника

залежить не лише ринкова вартість продукції, а й можливість її використання у певних галузях, зокрема у борошномельній та хлібопекарській промисловості. Формування якісного зерна – складний процес, який залежить як від внутрішніх, так і зовнішніх чинників. До генетичних чинників належать, зокрема, специфічні білки – гліadini та глютеніни, які визначають еластичність та здатність тіста до утворення клейковини [2, 3, 4]. Насамперед агротехнічні умови, як-от освітлення, водний режим, температура,

а також родючість ґрунту, відіграють не менш важливу роль у реалізації генетичного потенціалу сорту. Саме поєднання спадкових ознак з оптимальними умовами вирощування дає змогу отримати зерно високої якості, що відповідає сучасним вимогам споживачів і стандартам виробництва [5].

У Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні рекомендовано значний сортимент пшениці озимої, на 2025 р., який налічує 792 сорти з різними морфологічними та агробіологічними ознаками і властивостями, зокрема: пшениця м'яка озима (батьківський компонент) – 9; пшениця м'яка озима – 783. До вітчизняної селекції належить 507 сортів (64%), зарубіжної 285 (36%), проте не всі зареєстровані сорти мають високу якість, а саме цінних – 300 (38%); сильних – 227 (29%); – філерів 179 (22%); – невизначених 86 (11%) [6].

Забезпечення високих показників якості зерна є стратегічним завданням сучасної селекції, оскільки ці властивості безпосередньо впливають на харчову та технологічну цінність продукції. Тому добір сильних сортів пшениці для створення вихідного матеріалу завжди буде актуальним. Активна увага дослідників нині спрямована на нові напрями фундаментальних і прикладних досліджень якості зерна пшениці в селекції, а також у зернопереробній промисловості, з використанням генетичних, молекулярно-біологічних, біохімічних, інструментів та методології створення моделей прогнозування [7]. Не менш важливим аспектом є залучення нового селекційного матеріалу, який спрямований на покращання якості і безпеки харчування [8]. Дослідження, що зосереджені на поліпшення якості зерна, є незамінним елементом багатьох селекційних програм і є важливою ланкою між результатами селекції, виробництвом зерна та його переробкою [9].

Важливе значення у виробництві зерна пшениці м'якої озимої відіграють і метеорологічні умови, від яких залежить урожайність і якість вирощеної продукції [10–12]. Однак одним із головних чинників, що визначають врожайність і якість зерна в будь-яких агрокліматичних умовах залишається, сорт, тобто генотип.

Мета досліджень. Основним завданням дослідження було відібрати компоненти для схрещувань, які мають високий потенціал якості зерна і здатні забезпечувати високий вихід гібридного зерна за різноманітних агрокліматичних умов, а також оцінити сорти пшениці м'якої озимої за вмістом білка

та визначити залежність між зав'язуванням зерна F_1 у міжсортних гібридів у процесі їх створення за показниками якості зерна сильної пшениці, а також проаналізувати прояв фенотипового домінування за вмістом білка в зерні нових генотипів.

Матеріали та методи досліджень. Дослідження проводили у Миронівському інституті пшениці імені В. М. Ремесла НААН (МІП) на полях лабораторії селекції озимої пшениці і якості зерна впродовж 2023, 2024 рр. Матеріалом для досліджень слугували 31 сорт пшениці м'якої озимої української селекції, що створені в Миронівському інституті пшениці імені В.М. Ремесла (МІП) і Селекційно-генетичному інституті – Національному центрі насіннізнавства та сортовивчення – (СГІ–НЦНС), за показниками якості зерна сильної пшениці, які занесені у різні роки до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні [5].

Погодні умови досліджуваних років характеризували різним значенням температурного режиму в період вегетації, що впливало на реалізацію цінних ознак. У квітні та травні 2022/23 р. середня температура повітря зафіксована нижчою за середній багаторічний показник на 0,5 °C та 0,2 °C відповідно, а в червні перевищувала його на 0,4 °C. Також відмічали надмірне вологозабезпечення, перевищення кількості опадів від норми становило 40,0 мм, проте у подальшому впродовж періоду з травня по червень спостерігали досить гострий дефіцит опадів (ГТК – 0,46 та 0,67 відповідно), особливо це помітно у червні (лише 39,4 мм) порівняно з середньобагаторічним показником 84,8 мм. Липень – надмірна кількість опадів – 183,5 мм, що перевищувало середній багаторічний показник на 111,8 мм.

У травні 2023/24 р. спостерігали досить гострий дефіцит опадів – лише 5,8 мм за середнього багаторічного показника 50,2 мм (ГТК 0,12). Червень характеризували, як надмірним вологозабезпеченням – перевищення кількості опадів від багаторічної норми становило 20,1 мм (ГТК 1,59), що вплинуло до поступового збалансування росту і розвитку рослин та зерен культури. У липні відмітили досить істотну нестачу вологи (ГТК 0,10), у результаті чого відбулось поступове припинення вегетації рослин пшениці озимої та вплинуло на стиглість зернівки і щуплість. Максимальна (102,5 мм) кількість опадів припала на червень 2024 р., мінімальна (4,8 мм) – на серпень 2023 р. У середньому сума опадів за 1міс. становила 45,2 мм. Згідно з гідротермічним коефіцієнтом

2023/24 вегетаційний рік визначили, як сильно посушливим ($ГТК = 0,48$), погодні умови досліджуваного року значною мірою варіювали за температурним режимом і кількістю опадів у період вегетації пшениці озимої, що дало можливість отримати достовірні дані для виявлення потенціалу цінних господарських ознак та властивостей гібридного матеріалу першого покоління, створених за використання сортів за показниками якості зерна сильної пшениці.

У 2023 і 2024 рр. виконано прості та зворотні схрещування і проаналізовано зав'язування зерен гібридних комбінацій, які розподілені за їх рівнем на три групи: до 25,0 % – низький; 25,0–50,0 % – середній; більше 50,0% – високий [13; 14]. До схрещувань залучено шість сортів (МПП Княжна, МПП Ювілейна, Аврора Миронівська (селекції МПП), Покровська, Гейзер, Гладь селекції Одеського селекційно-генетичного інституту (селекції СГІ–НЦНС), на основі яких створено 30 комбінацій схрещувань.

Сівбу сортів у досліді закладали за її оптимальних строків (7 жовтня і 10 жовтня) касетною сівалкою СН–10 Ц. За настання рослинами пшениці фази колосіння здійснювали кастрацію квіток звичайним способом [5; 14]. Колоси з гібридним зерном першого покоління обмолочували вручну. Для кожної гібридної комбінації кастрували по 10 колосів, запилення примусове обмежене. Обмолот здійснювали вручну, відсоток зав'язування визначали за кількістю зернівок, які сформувалися, щодо кількості квіток. Для статистичної обробки даних визначали середнє арифметичне відсотку зав'язування (\bar{X}), мінливість показника оцінювали за розмахом варіювання (фактичні межі мінливості $R = \max - \min$). Із метою інтерпретації коефіцієнта варіації (C_v) використали шкалу [15]: $C_v \leq 5\%$ – 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.

Показник вмісту білка визначали згідно з методиками ДСТУ [12; 13], ступінь фенотипового домінування у F_1 визначали за формулою Griffing [16]. Групування отриманих даних проводили відповідно до класифікації G. M. Veil, R. E. Atkins [17]: 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. Наразі спостерігається значне збільшення кількості нових сортів

пшениці. У результаті того, що генетична база сортів, які експлуатуються, набула великої спорідненості і цим самим підвищується ризик їх генетичної вразливості. Щоб цього не сталося необхідно залучати нові генетичні джерела селекційних ознак.

У 2023, 2024 рр. гібридизація була проведена наприкінці другої на початку третьої декади травня.

Гідротермічні режими у період колосіння – квітання в роки досліджень істотно впливали на відсоток зав'язування гібридних зерен і розмах варіювання цього показника. Гібридні комбінації за зав'язуванням зерен у досліджувані роки (2023, 2024 рр.) розподілили на три групи з: низьким до 25,0%, середнім – 25,0% – 50,0% та високим – понад 50,0% проявом показника [12; 13]. Найсприятливішим щодо зав'язування зерен виокремили 2023 р., відсоток зав'язування гібридних зерен був високим та середнім у всіх групах схрещування. Варіювання ступеня зав'язування (табл. 1) спостерігали у межах 12,0% – 46,1%, а середнє значення зав'язування гібридних комбінацій схрещування становило 43,9%. Найвищий відсоток зав'язування виявили у п'яти комбінаціях схрещувань, де за материнські форми слугували сорти Гейзер, МПП Ювілейна, Аврора Миронівська, а за запилювача залучали сорти МПП Княжна, МПП Ювілейна, Покровська, Аврора Миронівська та Гейзер. Найвищий відсоток зав'язування за результатами досліджень виокремили у комбінаціях Гейзер / Покровська (70,3%), МПП Ювілейна / Покровська (68,8%), Аврора Миронівська / МПП Ювілейна (68,0%), Гейзер / МПП Ювілейна (65,0%), МПП Ювілейна / МПП Княжна (64,0%).

Найбільша кількість комбінацій схрещувань із високим відсотком зав'язування (від 56,1% до 70,3%) встановлена у схрещуваннях, де за материнський компонент залучали сорт сильної пшениці одеської селекції Гейзер, а за батьківські форми вводили сорти селекції Миронівського інституту пшениці імені В.М. Ремесла НААН: МПП Княжна, МПП Ювілейна, Аврора Миронівська.

У 2024 р. відмічено значне варіювання ступеня зав'язування зерен пшениці у межах 22,6–61,2% (табл. 2). Середнє значення зав'язування зерен серед F_1 з'ясовано 25,9%. Його високий рівень відмічено у двох гібридів, де за материнські компоненти застосували сорти Гейзер, Покровська (відсоток зав'язування 70,6% і 50,8 % відповідно), а за запилювача – сорт МПП Княжна. Здебільшого у даному році досліджень переважав середній рівень (25,0–50,0%)

Таблиця 1. Мінливість показника зав'язування (%) зерен пшениці м'якої озимої за участю сортів різних за якістю зерна, 2023 р.

♀↔♂	МПП Княжна (С)	МПП Ювілейна (С)	Аврора Миронівська (ВБ)	Покровська (НС)	Гейзер (С)	Гладь (НС)	\bar{X}	min	max	Cv, %
МПП Княжна (С)	–	55,0	30,1	35,7	23,3	34,8	35,78	23,3	55,0	33,02
МПП Ювілейна (С)	64,0	–	20,1	68,8	40,8	32,5	45,24	20,1	68,8	45,85
Аврора Миронівська (ВБ)	57,5	68,0	–	34,5	33,7	43,9	47,5	33,7	68,0	31,44
Покровська (НС)	38,6	56,5	29,9	–	34,5	6,9	33,28	6,9	56,5	53,67
Гейзер (С)	56,1	65,0	59,3	70,3	–	41,0	58,34	41,0	70,3	19,05
Гладь (НС)	55,9	51,1	28,3	27,0	55,2	–	43,5	27,0	55,9	33,54
\bar{X}	54,42	59,12	33,54	47,26	37,50	31,82	–	–	–	–
min	38,6	51,1	20,1	27,0	23,3	6,9	–	–	–	–
max	64,0	68,0	59,3	70,3	55,2	43,9	–	–	–	–
Cv, %	17,35	12,01	44,64	43,64	31,25	46,10	–	–	–	–

Примітки. Середнє значення показника у гібридів – 43,9%; С – сильна, НС надсильна, ВБ – високобілкова, \bar{X} – середнє; min – мінімальне, max – максимальне.

зав'язування, який спостерігали у комбінаціях Гладь / Покровська (рівень зав'язування 48,3%) та Гейзер / Покровська (41,0%), МПП Ювілейна / МПП Княжна (35,8%) та Аврора Миронівська / МПП Княжна (35,2%).

Дослідження підтвердили, що зав'язування зерна залежало, як від умов вегетації рослин, так і від вихідних форм і варіювало у 2023 р. і від 6,9 до 70,3%, та у 2024 р. від 3,3 до 70,6%. За багаторічними дослідженнями вчених відсоток зав'язування рослин пшениці рідко перевищує 60,0% [6–8].

За нашими дослідженнями найвищий рівень зав'язування зерен (70,6%) був у 2024 р. та 70,3% – у 2023 р. Експериментальна частина засвідчила, що у роки вивчення в комбінаціях схрещувань, де за батьківську форму використовували сорт надсильної пшениці Гладь, рівень зав'язування становив у 2023 р. переважно середній (від 32,5% до 42,9%), окрім комбінації Покровська / Гладь (6,9 %), а у 2024 р. цей показник спостерігали низьким на рівні (4,4% – 19,9%).

У середньому за роки досліджень виявлено високі значення зав'язування (64,0 – 70,3%) зерна у п'яти

Таблиця 2. Мінливість показника зав'язування (%) зерен пшениці м'якої озимої за участю сортів різних за якістю зерна, 2024 р.

♀↔♂	МПП Княжна (С)	МПП Ювілейна (С)	Аврора Миронівська (ВБ)	Покровська (НС)	Гейзер (С)	Гладь (НС)	\bar{X}	min	max	Cv,%
МПП Княжна (С)	–	35,8	19,2	18,1	33,5	8,9	23,1	8,9	35,8	48,94
МПП Ювілейна (С)	35,8	–	3,3	7,6	22,1	9,4	15,6	3,3	35,8	84,82
Аврора Миронівська (ВБ)	35,2	29,8	–	29,8	18,9	4,4	23,6	4,4	35,2	51,95
Покровська (НС)	50,8	33,6	26,9	–	40,7	6,4	31,7	6,4	50,8	52,64
Гейзер (С)	70,6	24,2	29,1	41,0	–	19,9	37,0	19,9	70,6	55,18
Гладь (НС)	15,7	20,2	19,0	48,3	19,2	–	24,5	15,7	48,3	54,83
\bar{X}	54,42	59,12	33,54	47,26	37,50	31,82	–	–	–	–
min	38,6	51,1	20,1	27,0	23,3	6,9	–	–	–	–
max	64,0	68,0	59,3	70,3	55,2	43,9	–	–	–	–
Cv,%	17,35	12,01	44,64	43,64	31,25	46,10	–	–	–	–

Примітки. Середнє значення показника у гібридів – 25,9%; С – сильна, НС надсильна, ВБ – високобілкова, \bar{X} – середнє; min – мінімальне, max – максимальне.

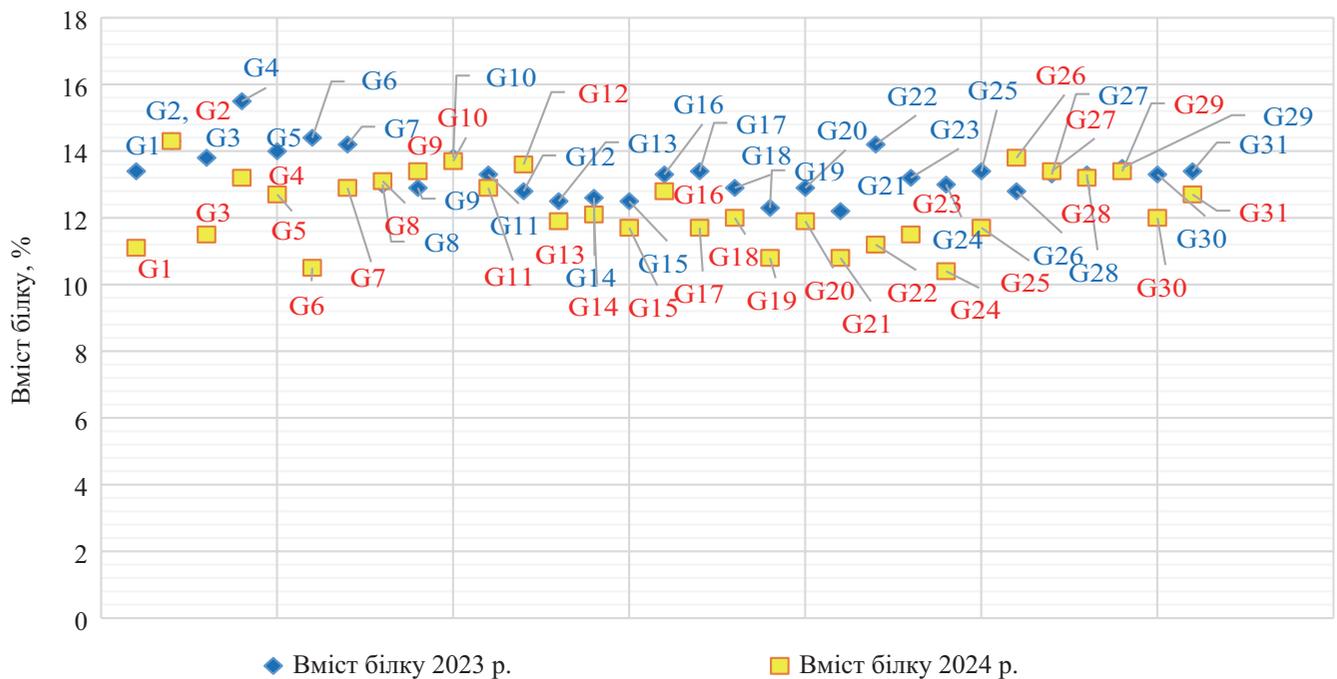


Рис. 1. Вміст білка (%) у зразків сортів пшениці м'якої озимої (батьківські форми) 2023, 2024 р.

Примітки. G1, G1 – Подолянка; G2, G2 – МІП Княжна; G3, G3 – МІП Ювілейна; G4, G4 – Аврора Миронівська; G5, G5 – Покровська; G6, G6 – Гейзер; G7, G7 – Гладь; G8, G8 – Золотоколоса; G9, G9 – Експромт; G10, G10 – Колумбія; G11, G11 – Оптима одеська; G12, G12 – Досконалість одеська; G13, G13 – Спадщина одеська; G14, G14 – Версія Одеська; G15, G15 – Манера одеська; G16, G16 – Перевага; G17, G17 – Понтійка; G18, G18 – Відповідь одеська; G19, G19 – Вірність; G20, G20 – Основа одеська; G2, G21 – Перемога одеська; G22, G22 – Журавка одеська; G23, G23 – Зиск; G24, G24 – Зорепад; G25, G25 – Нива одеська; G26, G26 – Кантата одеська; G27, G27 – Куяльник; G28, G28 – Мудрість одеська; G29, G29 – Кубок; G30, G30 – Ліра одеська; G31, G31 – Вагома.

комбінацій у 2023 р. (Гейзер / Покровська, МІП Ювілейна / Покровська, Аврора Миронівська / МІП Ювілейна, Гейзер / МІП Ювілейна, МІП Ювілейна / МІП Княжна) та у двох – Гейзер / МІП Княжна, Покровська / МІП Княжна у 2024 р. Трохи нижчий відсоток зав'язування (55,0 – 59,3%) виокремили у гібридних комбінаціях Гейзер / Аврора Миронівська, Аврора Миронівська / МІП Княжна, Покровська / МІП Ювілейна, Гейзер / МІП Княжна, Гладь / МІП Княжна, МІП Княжна / МІП Ювілейна, Гладь / МІП Ювілейна. Спостерігали тенденцію щодо кращого зав'язування гібридного зерна з збільшенням терміну від кастрації до запилення на 5-ту, 7-му добу (середнє за 2023, 2024 рр.).

Для створення нового цінного вихідного матеріалу для селекції пшениці (рис. 1) нами проведено підбір батьківських компонентів пшениці м'якої озимої різного екологічного та генетичного походження з числа сортів, занесених у різні роки до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні Селекції МІП та СГІ. У дослідженнях сортів пшениці

м'якої озимої у 2023, 2024 рр. за вмістом білка спостерігали варіювання від 12,2 до 15,5% та 10,4 до 14,3%, відповідно і його середні значення – 13,3% і 12,3%, відповідно. Варто зазначити кращі результати визначили у генотипів: у 2023 р. G4 – Аврора Миронівська (15,5%), G6 – Гейзер (14,4%), G2 – МІП Княжна (14,3%), G7 – Гладь (14,2%); 2024 р. – G2 – МІП Княжна (14,3%), G26 – Кантата одеська (13,8%), G10 – Колумбія (13,7%), G12 – Досконалість одеська (13,6%).

Різниця між максимальним значенням властивості і мінімальними ($R = \max - \min$, розмах варіювання) характеризує стабільність її у конкретних генотипів. Стабільністю вмісту білка в зерні впродовж років досліджень характеризували сорти: G2 – МІП Княжна ($R = 0$), G8 – Золотоколоса, G8 – Золотоколоса, G10 – Колумбія, G27 – Куяльник, G28 – Мудрість одеська, G29 – Кубок ($R = 0$).

Тому, особливістю генетичної плазми досліджуваних сортів є наявність у них показників якості зерна сильної пшениці, що істотно збільшує генетичну мінливість нащадків за показниками якості і вірогідно

створює підґрунтя для підвищення селекційного формування й поліпшення його якісних показників.

Варто зазначити, що сорти пшениці озимої за показниками якості зерна сильної пшениці можна застосовувати як запилювачем, так і за материнську форму. Для якісної оцінки рівня прояву ознак в F_1 у селекційній практиці досить часто використовується показник ступеня фенотипового домінування (h_p). Цей показник застосовується для оцінки селекційного матеріалу на різних етапах випробування

пшениці озимої. Дослідження вказують на можливість його використання під час добору пар для схрещування, а також для оцінки гібридних потомків [18]. У 2024 р. виконано розрахунок показника ступеня фенотипового домінування (h_p) у рослин першого покоління за елементами успадкування вмісту білка (табл. 3). Наддомінування установлено у комбінації, створеної за участі сортів Аврора Миронівська / Покровська (вміст білка 13,3%), де за материнську форму взято високобілковий сорт пшениці

Таблиця 3. Характеристика успадкування вмісту білка (%) у F_1 пшениці м'якої озимої, 2024 р.

Гібридна комбінація	Вміст білка, %			Ступінь фенотипового домінування	
	P1	P2	F_1	числове значення	тип домінування
МПП Княжна / Аврора МИР	14,3	13,2	12,8	-1,73	Д
МПП Княжна / МПП Ювілейна	14,3	11,5	12,3	-0,43	ПУ
МПП Княжна / Покровська	14,3	12,7	13,5	0,80	ЧПД
МПП Княжна / Гейзер	14,3	10,5	12,2	-0,11	ПУ
МПП Княжна / Гладь	14,3	12,9	13,3	-0,43	ПУ
МПП Ювілейна / Аврора МИР	11,5	13,2	11,1	-1,47	Д
МПП Ювілейна / МПП Княжна	11,5	14,3	13,0	0,07	ПУ
МПП Ювілейна / Покровська	11,5	12,7	11,1	-1,67	Д
МПП Ювілейна / Гейзер	11,5	10,5	10,7	-0,60	ЧВУ
МПП Ювілейна / Гладь	11,5	12,9	12,8	0,86	ЧПД
Аврора МИР / МПП Княжна	13,2	14,3	13,9	0,27	ПУ
Аврора МИР / МПП Ювілейна	13,2	11,5	11,8	-0,65	ЧВУ
Аврора МИР / Покровська	13,2	12,7	13,3	1,40	НД
Аврора МИР / Гейзер	13,2	10,5	10,9	-0,70	ЧВУ
Аврора МИР / Гладь	13,2	12,9	12,0	-7,00	Д
Покровська / Аврора МИР	12,7	13,2	11,7	-5,00	Д
Покровська / МПП Княжна	12,7	14,3	13,0	-0,62	ЧВУ
Покровська / МПП Ювілейна	12,7	11,5	10,6	-2,50	Д
Покровська / Гейзер	12,7	10,5	10,6	-0,91	ЧВУ
Покровська / Гладь	12,7	12,9	11,0	-18,00	Д
Гейзер / Аврора МИР	10,5	13,2	11,1	-0,56	ЧВУ
Гейзер / МПП Княжна	10,5	14,3	12,3	-0,05	ПУ
Гейзер / МПП Ювілейна	10,5	11,5	10,1	-1,80	Д
Гейзер / Покровська	10,5	12,7	11,6	0,00	ЧПД
Гейзер / Гладь	10,5	12,9	10,7	-0,83	ЧВУ
Гладь / Аврора МИР	12,9	13,2	11,8	-8,33	Д
Гладь / МПП Княжна	12,9	14,3	13,4	-0,29	ПУ
Гладь / МПП Ювілейна	12,9	11,5	11,4	-1,14	Д
Гладь / Покровська	12,9	12,7	11,8	-10,00	Д
Гладь / Гейзер	12,9	10,5	12,6	0,75	ЧПД

Примітки. МИР – миронівська, НД – гетерозис (позитивне наддомінування), ЧПД – частково позитивне домінування, ПУ – проміжне успадкування, ЧВУ – часткове від'ємне успадкування, Д – депресія (негативне наддомінування).

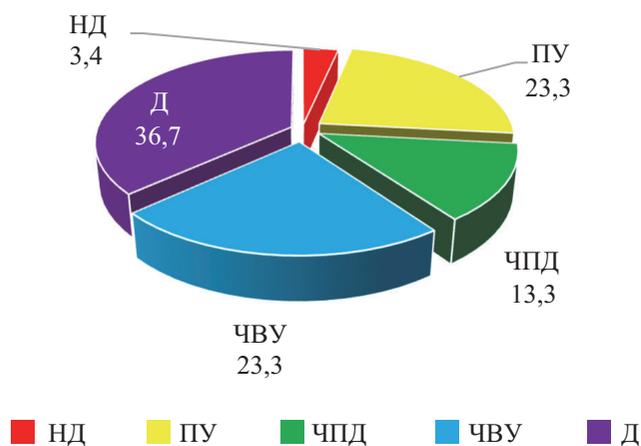


Рис. 2. Частка (%) ступеня фенотипового домінування за вмістом білка в F_1 пшениці м'якої озимої, 2024 р.

озимої миронівської селекції (Аврора Миронівська), а за запилювач – сорт надсильної пшениці одеської селекції (Покровська). Часткове позитивне домінування виокремлено у чотирьох комбінаціях: МПП Княжна / Покровська, МПП Ювілейна / Гладь, Гейзер / Покровська, Гладь / Гейзер. Позитивне успадкування відмічено у семи комбінаціях: МПП Княжна / МПП Ювілейна, МПП Княжна / Гейзер, МПП Княжна / Гладь, МПП Ювілейна / МПП Княжна, Аврора Миронівська / МПП Княжна, Гейзер / МПП Княжна, які мали у гібридів пшениці озимої вміст білка від 12,2 до 13,9%, який знаходився на рівні показника батьківських форм і вище.

Частково від'ємне успадкування за вмістом білка також відмічено у семи комбінаціях схрещувань (МПП Ювілейна / Гейзер, Аврора Миронівська / МПП Ювілейна, Аврора Миронівська / Гейзер, Покровська / МПП Княжна, Покровська / Гейзер, Гейзер / Аврора Миронівська, Гейзер / Гладь). Депресію за характером успадкування показника відмітили в одинадцяти комбінаціях схрещувань (МПП Княжна / Аврора Миронівська, МПП Ювілейна / Аврора Миронівська, МПП Ювілейна / Покровська, Аврора Миронівська / Гладь, Покровська / Аврора Миронівська та ін.). Його аналіз (рис. 2) виявив таку диференціацію: наддомінування спостерігали в одній комбінації схрещування (3,4%), часткове позитивне

домінування – у чотирьох комбінаціях (13,3%), проміжне успадкування – 7 (23,3%), часткове від'ємне успадкування – 7 (23,3%), депресія – 11 (36,7%).

Отже, форми (40,0%), які перевищують кращу батьківську форму (НД, ЧПД, ПУ) за вмістом білка в зерні було виявлено у нових генотипів, створених за участі сортів сильної пшениці, переважно позитивно вплинуло на формування цієї ознаки, тому може формувати перспективні популяції для селекційного добору елітних рослин у ранніх поколіннях гібридів із даною властивістю, а також дає шанс для виділення трансгресії у майбутньому нових сортів, які можуть бути високобілковими.

ВИСНОВКИ

Засвідчили особливість геноплазм сортів, у яких є присутність показника якості зерна (вміст білка) сильної пшениці, що істотно збагачує їх гібридні потомки і вірогідно містить основу для підвищення селекційного формування й поліпшення його якісних показників.

Виявлено високі значення (64,0 % – 70,3%) зав'язування зерна у п'яти комбінаціях у 2023 р. (Гейзер / Покровська, МПП Ювілейна / Покровська, Аврора Миронівська / МПП Ювілейна, Гейзер / МПП Ювілейна, МПП Ювілейна / МПП Княжна) та у двох – Гейзер / МПП Княжна, Покровська / МПП Княжна у 2024 р. Трохи нижчий відсоток зав'язування (55,0% – 59,3%) виокремили у гібридних комбінаціях Гейзер / Аврора Миронівська, Аврора Миронівська / МПП Княжна, Покровська / МПП Ювілейна, Гейзер / МПП Княжна, Гладь / МПП Княжна, МПП Княжна / МПП Ювілейна, Гладь / МПП Ювілейна. Спостерігали тенденцію щодо кращого зав'язування гібридного зерна зі збільшенням терміну від кастрації до запилення на 5-ту, 7-му добу (середнє за 2023, 2024 рр.).

40,0% нових генотипів F_1 пшениці м'якої озимої за показником вмісту білка перевищували кращу батьківську форму, створених за участі сортів сильної пшениці, що позитивно вплинуло на формування цієї ознаки і дає перспективу для виділення трансгресії у майбутньому нових генотипів, які можуть бути високобілковими.

ЛІТЕРАТУРА

1. Васильківський С. П., Вільчинська Л. А., Лозінський М. В., Сидорова І. М., Хоменко Т. М., Шох С. С. Спеціальна генетика сільськогосподарських культур: навч. посіб. Біла Церква, 2011. 230 с.
2. Magyar Z., Peto P., Gyimes E. Effects of agrotechnical factors on the quality and quantity of yield in winter wheat production. *Acta Agraria Debreceniensis*. 2020. № 1. P. 69–74. DOI:10.34101/actaagrar/1/3735.
3. Kamara M.M., Rehan M., Mohamed A.M., El Mantawy R.F., Kheir A.M.S., Abd El-Moneim D., Safhi F.A., Alshamrani S.M., Hafez E.M., Behiry S.I., & Mansour E. Genetic potential and inheritance patterns

- of physiological, agronomic and quality traits in bread wheat under normal and water deficit conditions. *Plants*. 2022. 11 (7). P. 952. DOI: 10.3390/plants11070952.
4. Правдзіва І.В. Особливості комплексного оцінювання генотипів пшениці м'якої озимої за поєднанням урожайності та показників якості зерна : дис. доктора філософії : спец. 201 Агронімія, 2023. 360 с.
 5. Близнюк Б.В., Демидов О.А., Гуменюк О.В., Пикало С.В. Вплив екологічних чинників на формування якості зерна пшениці озимої (*Triticum aestivum* L.) сортів миронівської селекції. *Агро-екологічний журнал*. 2020. № 3. С. 63–72. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.3.2020.211528>.
 6. Державний реєстр сортів рослин, придатних до поширення в Україні на 2025 рік. Міністерство аграрної політики та продовольства України. Київ, 2025. URL: <https://data.gov.ua/dataset/ccf95f4a-8238-4b18-a4d3-002444876325>.
 7. Békés, F. New aspects in quality related wheat research: II. New methodologies for better quality wheat. *Cereal Research Communications*. 2012. 40. P. 307–333. DOI:10.1556/CRC.2012.0003.
 8. Békés, F. New aspects in quality related wheat research: I. Challenges and achievements. *Cereal Research Communications*. 2012. 40. P. 159–184. DOI:10.1556/CRC.40.2012.2.1.
 9. Rasheed, A., Mahmood, T., Gul-Kazi, A., & Mujeeb-Kazi, A. An Overview of Omics for Wheat Grain Quality Improvement. *Crop Improvement*. Publisher: Springer Science+Business Media, LLC. 2013. P.307–344. DOI:10.1007/978-1-4614-7028-1_10.
 10. Кириленко В.В., Волощук С.І., Дубовик Н.С., Близнюк Б.В. Ретроспективний аналіз погодних умов у зоні діяльності Миронівського інституту пшениці. *Миронівський вісник*. Миронівка, 2016. Вип. 2. С. 87–97.
 11. Звонар А.М. Вплив погодних умов року та сортових особливостей на споживання азоту та формування якості зерна пшениці озимої. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2020. Вип. 3. С. 87–95. DOI: 10.31521/2313-092X/2020-3(107)-11.
 12. Пшениця. Технічні умови : ДСТУ 3768:2019. [Чинний від 2021-01-01]. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2020. 13 с.
 13. Мазманішвілі О.С. Математична статистика. Навчальний посібник до практичних занять. Харків : НТУ «ХПІ», 2010. 232 с.
 14. Зерно та продукти його переробки. Визначення показників якості методом інфрачервоної спектроскопії : ДСТУ 4117:2007. [Чинний від 2007-08-01]. Київ : Держспоживстандарт України, 2007. 7 с. (Національні стандарти України).
 15. Опря А.Т., Дорогань-Писаренко Л.О., Єгорова О.В., Кононенко Ж.А. Статистика (модульний варіант з програмованою формою контролю знань). 2-ге видання, перероблене і доповнене. Київ : Центр учбової літератури, 2014. 536 с.
 16. Griffing B. Analysis of quantitative gene-action by constant parent regression and related techniques. *Genetics*. 1950. Vol. 35. P. 303–321.
 17. Veil G.M., Atkins R.E. Inheritance of quantitative characters in grain sorghum. *Iowa St. J. Sci.* 1965. Vol. 39. № 3. P. 345–358.
 18. Кириленко В.В., Дубовик Н.С., Гуменюк О.В., Вологдіна Г.Б., Лось Р.М., Дубовик Д.Ю. Селекція пшениці м'якої озимої за використання пшенично-житніх транслокацій в умовах центрального Лісостепу: монографія / за ред. д-ра с.-г. наук, проф., члена-кореспондента НААН О.А. Демидова. Київ : Компрінт, 2021. 221 с.

REFERENCES

1. Vasylykivskyi, S.P., Vilchynska, L.A., Lozinskyi, M.V., Sydorova, I.M., Khomenko, T.M., & Shokh, S.S. (2011). *Special genetics of agricultural crops: A textbook*. Bila Tserkva [in Ukrainian].
2. Magyar, Z., Pepo, P., & Gyimes, E. (2020). Effects of agrotechnical factors on the quality and quantity of yield in winter wheat production. *Acta Agraria Debreceniensis, (1)*, 69–74. DOI: <https://doi.org/10.34101/actaagrar/1/3735>[in English].
3. Kamara, M.M., Rehan, M., Mohamed, A.M., El Mantawy, R.F., Kheir, A.M.S., Abd El-Moneim, D., Safhi, F.A., ALshamrani, S.M., Hafez, E.M., Behiry, S.I., & Mansour, E. (2022). Genetic potential and inheritance patterns of physiological, agronomic and quality traits in bread wheat under normal and water deficit conditions. *Plants, 11(7)*, 952. DOI:<https://doi.org/10.3390/plants11070952> [in English].
4. Pravdziva, I.V. (2023). *Features of comprehensive evaluation of winter wheat genotypes combining yield and grain quality traits* (Doctoral dissertation, specialty 201 Agronomy) [in Ukrainian].
5. Blyzniuk, B.V., Demydov, O.A., Humeniuk, O.V., & Pykalo, S.V. (2020). Influence of environmental factors on grain quality formation of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) varieties of Myronivka breeding. *Agroecological Journal, (3)*, 63–72. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.3.2020.211528> [in Ukrainian].

6. Ministry of Agrarian Policy and Food of Ukraine. (2025). *State register of plant varieties suitable for distribution in Ukraine for 2025* [in Ukrainian]. <https://data.gov.ua/dataset/ccf95f4a-8238-4b18-a4d3-002444876325>
7. Békés, F. (2012). New aspects in quality related wheat research: II. New methodologies for better quality wheat. *Cereal Research Communications*, 40, 307–333. DOI:<https://doi.org/10.1556/CRC.2012.0003>[in English].
8. Békés, F. (2012). New aspects in quality related wheat research: I. Challenges and achievements. *Cereal Research Communications*, 40, 159–184. DOI:<https://doi.org/10.1556/CRC.40.2012.2.1>[in English].
9. Rasheed, A., Mahmood, T., Gul-Kazi, A., & Mujeeb-Kazi, A. (2013). An overview of omics for wheat grain quality improvement. In *Crop improvement* (pp. 307–344). Springer. DOI: https://doi.org/10.1007/978-1-4614-7028-1_10[in English].
10. Kyrylenko, V.V., Voloshchuk, S. I., Dubovyk, N.S., & Blyzniuk, B.V. (2016). Retrospective analysis of weather conditions in the area of activity of the Myronivka Wheat Institute. *Myronivskyi Bulletin*, (2), 87–97 [in Ukrainian].
11. Zvonar, A.M. (2020). Influence of weather conditions and varietal characteristics on nitrogen uptake and grain quality formation in winter wheat. *Bulletin of Agricultural Science of the Black Sea Region*, (3), 87–95. DOI:[https://doi.org/10.31521/2313-092X/2020-3\(107\)-11](https://doi.org/10.31521/2313-092X/2020-3(107)-11)[in Ukrainian].
12. *Wheat. Technical specifications: DSTU 3768:2019*. (2020). Kyiv: SE «UkrNDNC» [in Ukrainian].
13. Mazmanishvili, O. S. (2010). *Mathematical statistics: A study guide for practical classes* (in Ukrainian). Kharkiv: NTU “KhPI”[in Ukrainian].
14. *Grain and its processed products. Determination of quality indicators by infrared spectroscopy: DSTU 4117:2007*. (2007). Kyiv: State Consumer Standard of Ukraine [in Ukrainian].
15. Opria, A.T., Dorohan-Pysarenko, L.O., Yehorova, O.V., & Kononenko, Zh.A. (2014). *Statistics (modular version with programmed knowledge control). 2nd ed., revised and expanded* (in Ukrainian). Kyiv: Center for Educational Literature [in Ukrainian].
16. Griffing, B. (1950). Analysis of quantitative gene-action by constant parent regression and related techniques. *Genetics*, 35, 303–321 [in English].
17. Beil, G.M., & Atkins, R.E. (1965). Inheritance of quantitative characters in grain sorghum. *Iowa State Journal of Science*, 39(3), 345–358 [in English].
18. Kyrylenko, V.V., Dubovyk, N.S., Humeniuk, O.V., Vologdina, H.B., Los, R.M., & Dubovyk, D.Yu. (2021). *Breeding of winter wheat using wheat-rye translocations in the Central Forest-Steppe: Monograph* (O.A. Demydov, Ed.) (in Ukrainian). Kyiv: Komprint [in Ukrainian].

Khoroshko N.M., Mukha T.I.

Characteristics of the starting material of *Triticum aestivum* L. created with the participation of varieties with quality indicators of strong wheat

Aim. To select components for crosses that have high grain quality potential and are capable of ensuring high yields of hybrid grain under various agroclimatic conditions. **Methods.** The research was conducted at the V.M. Remeslo Myronivka Institute of Wheat of NAAS in the laboratory of winter wheat breeding and the laboratory of grain quality during 2023, 2024. Research material: varieties of soft winter wheat of Ukrainian selection, which are distinguished by grain quality indicators at the level of strong wheat, and registered in Ukraine in different years; 30 hybrid combinations of winter wheat were obtained by reciprocal crosses and grain setting was also analyzed in the process of their creation. The experiment design and observations were carried out according to the methods: O. S. Mazmanishvili (2010), DSTU 4117:2007, A. T. Opria et al. (2014), Beil G. M. (1965). Research methods: field and laboratory, descriptive-statistical, comparison and generalization. **Results.** In studies of soft winter wheat varieties in 2023, 2024, the protein content varied from 12.2 to 15.5% and 10.4 to 14.3%, respectively, which indicated the peculiarity of the genoplasm (genotype) of varieties in which there is the presence of the grain quality indicator (protein content) of strong wheat. High values of grain setting were observed in hybrids in 2023. (Geysler / Pokrovskaya (70.3%), MIP Yuvileyna / Pokrovskaya (68.8%), Aurora Mironivskaya / MIP Yuvileyna (68.0%), Geysler / MIP Yuvileyna (65.0%), MIP Yuvileyna / MIP Knyazhnya (64.0%)) in 2024 – Geysler / MIP Knyazhnya (70.6%), Pokrovskaya / MIP Knyazhnya (50.8%). 40.0% (ND, PU, CHPD) of F1 genotypes of soft winter wheat, studied by protein content, exceeded the best parental form. **Conclusions.** Increased protein content is a sign by which it is advisable to select the starting material in breeding programs for high grain quality.

High values of tying from 64.0 to 70.3% of grains were found in five combinations in 2023 (Geizer / Pokrovskaya, MIP Yuvileyna / Pokrovskaya, Aurora Myronivskaya / MIP Yuvileyna, Geizer / MIP Yuvileyna, MIP Yuvileyna / MIP Knyazhnya) and in two - Geizer / MIP Knyazhnya, Pokrovskaya / MIP Knyazhnya in 2024. Thus, the results confirm the feasibility of using in crossing wheat varieties MIP Knyazhnya, MIP Yuvileyna, Aurora Mironivska, Pokrovska, Geizer, Glad according to the grain quality indicators of strong wheat, which gives prospects for the selection of transgressions among future new genotypes that may be high-protein.

Key words: *Triticum aestivum L., variety, grain setting, hybrid, protein, phenotypic dominance.*

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Хорошко Н.М., аспірантка, молодший науковий співробітник лабораторії якості зерна, Миронівський інститут пшениці імені В.М. Ремесла НААН, ORCID: 0000-0002-0663-1968.

Муха Т.І., науковий співробітник лабораторії селекції озимої пшениці, Миронівський інститут пшениці імені В.М. Ремесла НААН, ORCID: 0000-0002-2628-7324.

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.

Mukha T.I., researcher at the Winter Wheat Breeding Laboratory, the V.M. Remeslo Myronivka Institute of Wheat of NAAS, ORCID: 0000-0002-2628-7324.

Надійшла 19.02.2025

Наукове видання

Землеробство та рослинництво: теорія і практика

науково-теоретичний журнал

Випуск 2 (16), 2025

Підписано до друку 23.06.2025.
Формат 60x84/8. Папір офсетний.
Друк цифровий. Ум. друк. арк. 12,3.
Обл.-вид. арк. 13,5.
Наклад 50 пр. Зам. № .

Видавець та виготовлювач ТОВ «ТВОРИ».
Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи
до Державного реєстру видавців, виготовлювачів і розповсюджувачів
видавничої продукції серія ДК № 6188 від 18.05.2018 р.
21027, м. Вінниця, вул. Келецька, 51а, прим. 143.
Тел.: (096) 973-09-34, (093) 891-38-52.
e-mail: info@tvoru.com.ua
<http://www.tvoru.com.ua>