

Землеробство та рослинництво: теорія і практика

Випуск 1 (15), 2025

Київ 2025

Наукове видання

Засновник — ННЦ «ІЗ НААН»

«Землеробство та рослинництво: теорія і практика»

науково-теоретичний журнал

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 № 3 від 13 березня 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 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

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., KOLOMIETS 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

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., проф., чл.-кор. НААН, SLUSAR I.T.,
Doctor of Agricultural Sciences, Prof., Corresponding Member of NAAS

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

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

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

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

Адреса редакції:

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

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

Зміст

ЗЕМЛЕРОБСТВО, МЕЛІОРАЦІЯ, ҐРУНТОЗНАВСТВО, АГРОХІМІЯ

- Демиденко О.В.
НОРМОВАНІ ПАРАМЕТРИ УМОВ АТМОСФЕРНОГО ЗВОЛОЖЕННЯ ТА ВОДНОГО РЕЖИМУ ЧОРНОЗЕМУ
В ЦЕНТРАЛЬНІЙ ЧАСТИНІ ЛІВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ 5
- Пташнік М.М., Заяць П.С., Ременюк Ю.О., Цимбал Я.С., Уста В.В.
ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ВРОЖАЙНОСТІ ТА ПРОДУКТИВНОСТІ КУЛЬТУР
КОРОТКОРОТАЦІЙНОЇ ЗЕРНОВОЇ СІВОЗМІНИ ЗА ВІДНОВЛЮВАННЯ ЗЕМЛЕРОБСТВА 15

РОСЛИННИЦТВО, КОРМОВИРОБНИЦТВО, ЛУКІВНИЦТВО

- Сеник І.І., Красюк Л.М., Шевченко Т.В., Сидорук Г.П., Карасевич Н.В.
МОДЕЛЮВАННЯ СИРОВИННОГО КОНВЕСРА НАДХОДЖЕННЯ КОРМІВ В УМОВАХ
ЛІСОСТЕПУ ЗАХІДНОГО 24
- Голодна А.В., Грицюк Я.В.
ЯКІСТЬ НАСІННЯ СОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ
В ПРАВОБЕРЕЖНОМУ ЛІСОСТЕПУ 31
- Лобурець А.О., Штакал М.І.
СТВОРЕННЯ ТРАВСТОЇВ З ҐІСОПУ ЛІКАРСЬКОГО ДЛЯ ВИКОРИСТАННЯ
ЯК ПРИРОДНИХ СТИМУЛЯТОРІВ РОСТУ ТВАРИН 40
- Грищенко Р.Є., Терещенко В.К.
ВПЛИВ БІОПРЕПАРАТІВ НА ФОРМУВАННЯ АСИМІЛЯЦІЙНОГО АПАРАТУ
І ЙОГО ПРОДУКТИВНОСТІ В ПОСІВАХ ГРЕЧКИ ЗА ОРГАНІЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА 46
- Гавій В.М., Кучменко О.Б., Козючко-Головач А.Г.
ФОТОСИНТЕТИЧНІ ПОКАЗНИКИ ТА УРОЖАЙНІСТЬ СОЇ ЗА ПЕРЕДПОСІВНОЇ
ОБРОБКИ НАСІННЯ МЕТАБОЛІЧНО АКТИВНИМИ РЕЧОВИНАМИ 55
- Левченко Т.М., Байдюк Т.О., Вересенко О.М., Тимошенко О.О., Гуренко А.В.
ПОСІВНІ ЯКОСТІ НАСІННЯ ЛЮПИНУ БІЛОГО ЗАЛЕЖНО ВІД СТРОКІВ ЗБИРАННЯ
І ТРИВАЛОСТІ ЗБЕРІГАННЯ 63
- Карпишин О.В., Мойсієнко В.В.
УРОЖАЙНІСТЬ І ЯКІСТЬ ЗЕРНА СПЕЛЬТИ ОЗИМОЇ ЗА ОРГАНІЧНОГО ВИРОЩУВАННЯ
В УМОВАХ ПОЛІССЯ 72
- Кирилюк В.П., Тимошук Т.М., Колесніков М.О., Мойсієнко В.В., Плотницька Н.М.
ОПТИМІЗАЦІЯ ВОДНОГО РЕЖИМУ ПОСІВІВ СОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД СИСТЕМ ОБРОБІТКУ
ҐРУНТУ ТА УДОБРЕННЯ ДЛЯ СТАЛОГО АГРОВИРОБНИЦТВА 82

СЕЛЕКЦІЯ, ГЕНЕТИКА, БІОТЕХНОЛОГІЯ, НАСІННИЦТВО

- Труш С.Г., Баланюк Л.О., Парфенюк О.О., Татарчук В.М.
МЕТОДИ СТВОРЕННЯ ТА ШЛЯХИ ВИКОРИСТАННЯ ЛІНІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ БАГАТОРОСТКОВИХ
БУРЯКІВ КОРМОВИХ У СЕЛЕКЦІЇ НА ГЕТЕРОЗИС 92

СТОРІНКА МОЛОДОГО ВЧЕНОГО

- Давидов Д.В., Тимошук Т.М.
РЕГУЛЯЦІЯ СТРЕСОСТІЙКОСТІ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ ЗА ДІЇ БІОПРЕПАРАТІВ У КОНТЕКСТІ
СТАЛОГО РОЗВИТКУ 100

Contents

AGRICULTURE, MELIORATION, SOIL SCIENCE, AGROCHEMISTRY

- Demydenko O.V.**
NORMALIZED PARAMETERS OF ATMOSPHERIC MOISTURE AND WATER REGIME OF CHERNOZEM
IN THE CENTRAL PART OF THE LEFT-BANK FOREST-STEPPE 5
- Ptashnik M.M., Zaiats P.S., Remeniuk Yu.O., Tsymbal Ya.S., Usta V.V.**
FEATURES OF FORMATION OF YIELD AND PRODUCTIVITY OF SHORT-ROTATION GRAIN CROP
ROTATION CROPS IN RENEWABLE AGRICULTURE 15

PLANT PRODUCTION, FEED PRODUCTION, GRASSLAND SCIENCE

- Senyk I.I., Krasnyuk L.M., Shevchenko T.V., Sydoruk H.P., Karasevich N.V.**
MODELING OF THE RAW MATERIAL CONVEYOR OF THE ARRIVAL OF FEED IN THE CONDITIONS
OF THE WESTERN FOREST-STEPPE 24
- Holodna A.V., Hrytsiuk Ya.V.**
SEED QUALITY OF SOYBEAN DEPENDING ON CULTIVATION TECHNOLOGY IN THE RIGHT-BANK
FOREST-STEPPE 31
- Loburets A.O., Shtakal M.I.**
CREATION OF GRASS STANDS OF HYSSOP OFFICINALIS FOR USE AS NATURAL ANIMAL GROWTH
STIMULATORS 40
- Hryshchenko R.Ye., Tereshchenko V.K.**
THE INFLUENCE OF BIOLOGICAL PREPARATIONS ON THE FORMATION OF THE ASSIMILATION
APPARATUS AND ITS PRODUCTIVITY IN BUCKWHEAT CROPS UNDER ORGANIC FARMING 46
- Havii V.M., Kuchmenko O.B., Koziuchko-Holovach A.G.**
PHOTOSYNTHETIC INDICATORS AND YIELD OF SOYBEAN UNDER PRE-SOWING TREATMENT
OF SEEDS WITH METABOLICALLY ACTIVE SUBSTANCES 55
- Levchenko T.M., Baydyuk T.O., Veresenko O.M., Tymoshenko O.O., Gurenko A.V.**
SOWING QUALITIES OF WHITE LUPINE SEEDS DEPENDING ON HARVESTING TIME AND STORAGE
DURATION 63
- Karpyshyn O.V., Moisiienko V.V.**
YIELD AND QUALITY OF WINTER SPELT GRAIN UNDER ORGANIC CULTIVATION IN POLISSYA 72
- Kyryliuk V.P., Tymoshchuk T.M., Kolesnikov M.O., Moisiienko V.V., Plotnytska N.M.**
OPTIMIZATION OF WATER REGIME OF SOYBEAN CROPS DEPENDING ON TILLAGE AND
FERTILIZATION SYSTEMS FOR SUSTAINABLE AGRICULTURAL PRODUCTION 82

PLANT BREEDING, GENETICS, BIOTECHNOLOGY, SEED PRODUCTION

- Trush S.H., Balaniuk L.O., Parfeniuk O.O., Tatarchuk V.M.**
METHODS OF CREATION AND WAYS OF USING LINEAR MATERIALS OF MULTI-SPROUT FODDER
BEETS IN HETEROISIS BREEDING 92

YOUNG SCIENTIST'S PAGE

- Davydov D.V., Tymoshchuk T.M.**
REGULATION OF WINTER WHEAT STRESS RESISTANCE UNDER THE INFLUENCE OF BIOLOGICAL
PRODUCTS IN THE CONTEXT OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT 100

НОРМОВАНІ ПАРАМЕТРИ УМОВ АТМОСФЕРНОГО ЗВОЛОЖЕННЯ ТА ВОДНОГО РЕЖИМУ ЧОРНОЗЕМУ В ЦЕНТРАЛЬНІЙ ЧАСТИНІ ЛІВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ

О.В. Демиденко

Черкаська державна сільськогосподарська дослідна станція
ННЦ «ІЗ НААН» (м. Черкаси, Україна)

Мета. На основі аналізу багаторічних спостережень (1947–2022 рр.) за накопиченням та витратою ґрунтової вологи встановити нормативні параметри умов атмосферного вологозабезпечення та типізовані відхилення режиму зволоження в межах періодично промивного водного режиму чорнозему типового в агроценозах центральної частини Лісостепу України. **Методи.** Польовий (визначення взаємодії об'єкта досліджень абіотичними чинниками–кліматичними параметрами), вимірювально-ваговий (визначення запасів продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту), математично-статистичний (обробка експериментальних даних). **Результати.** Встановлено, що за 75 років середня кількість опадів за холодний період року становила близько 191 мм за коефіцієнта варіації 23,2%, а за квітень–серпень близько 257 мм за коефіцієнта варіації <15%. За холодний період року кількість опадів перевищувала норму опадів на 15,6 мм, а за період активної вегетації – була меншою на 20–25 мм. Середній запас вологи навесні в метровій товщі становив 155,7 мм, а в липні – 50,1 мм за вищого коефіцієнта варіації порівняно з квітневими значеннями у 3,2 раза. Показник зволоження метрової товщі чорнозему в квітні відповідав оптимальному рівню ($P_z=1,1-0,9$), а в липні посушливим та гостропосушливим умовам зволоження ($P_z=0,5-0,3$) за показника варіації > 33%, що є високим рівнем варіації. **Висновки.** Проведений аналіз погодно-кліматичних показників та запасів продуктивної вологи в метровій товщі у весняний та літній періоди за 1947–2022 рр. дозволив встановити, що в умовах центральної частини Лівобережного Лісостепу формується водний режим, який відповідає періодично промивному типу, але за режимом зволоження (перебігом у часі) проявляється стійка тенденція прояву ознак непромивного водного режиму, що є ознакою аридизації ґрунтових умов вегетації сільськогосподарських культур у сучасних умовах глобальних змін клімату в лісостеповій зоні. Процес остепніння центральної частини лісостепової зони відсутній, ознакою якого є формування водного режиму чорноземів типових за випотним типом.

Ключові слова: атмосферні опади, холодний період року, продуктивна волога, показник зволоження, середньодобова температура повітря, коефіцієнт варіації.

Вступ. Ґрунтова волога – основний ресурс для побудови тіла рослин і дуже важливий чинник, який визначає умови існування сільськогосподарських культур в агроценозах Лісостепу. Волозі в ґрунті належить найважливіша роль у ґрунтоутворенні та велике значення в реалізації потенційної родючості через її ефективну форму. Наявність інформації про режим зволоження ґрунтових вологозапасів є обов'язковою умовою оптимізації технологій вирощування сільськогосподарських культур, а довгостроковий порівняльний аналіз зміни режиму зволоження є одним із шляхів вирішення цієї задачі [1–3].

Мета. На основі аналізу багаторічних спостережень (1947–2022 рр.) за накопиченням та витратою ґрунтової вологи встановити нормативні параметри умов атмосферного вологозабезпечення в вікових кліматичних змінах та типізовані відхилення режиму зволоження в межах періодично промивного водного режиму чорнозему типового в агроценозах центральної частини Лісостепу України.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Одним із вирішальних чинників досягнення високих та сталих врожаїв сільськогосподарських культур в умовах глобальних змін клімату [4–7] в зоні нестійкого

зволоження Лівобережного Лісостепу України є накопичення та раціональне використання вологи, яка є одним із найважливіших нерегульованих чинників, що лімітує врожайність сільськогосподарських культур. Виходячи із закону мінімуму, вона визначає екологічну межу врожаю в конкретних умовах [8–12]. Дослідження В.В. Герцик, А.А. Роде [13], проведені ще в 1960–70-х рр., показали, що зростання рівня атмосферного зволоження, яке спостерігалось в цей період, спричинило за собою зміну водного режиму чорноземів лісостепової зони: збільшення запасів вологи, частіше наскрізне вимочування триметрової ґрунтової товщі, а також зміну карбонатного профілю і низки інших діагностичних ознак.

Низка сучасних авторів [14] зазначають, що впродовж різних кліматичних циклів, особливо довготривалих, відбуваються істотні зміни в рослинному та ґрунтовому покривах. Потепління холодних і збільшення зволоженості теплих періодів року, що розпочалися в 70-х роках ХХ ст. призвели до заростання цілинних степів деревно-чагарниковою рослинністю та домінування в складі фітоценозів лучної рослинності за їхнього інтенсивного використання (скошування на трав'яні корми тощо). Дослідники відзначають зміну водного режиму чорноземів, збільшення їх вологості [15;16].

У роботах D.T. Mihailovich et al. [16] та V.I. Ciric et al. [17] виявлено, що чорноземи виявилися більш чутливими до зміни кліматичних параметрів (температури повітря і кількості опадів, що випадають), ніж ґрунти вологих фацій (Fluvisols, Gleysols і Vertisols). Чорноземи мали вищі значення, що характеризують випаровування ґрунтової вологи з профілю. У результаті було отримано регіональну модель стану ґрунту в заданих кліматичних параметрах. Динаміка властивостей ґрунтів, зумовлена кліматичним чинником, дала змогу виявити вплив короткоперіодичних змін клімату на навколишні природні об'єкти [19].

Для поглиблення фундаментальних уявлень про вплив глобального потепління клімату на розвиток і функціонування природних і природно-антропогенних геосистем у Центральному Лісостепу України необхідний комплексний аналіз існуючих багаторічних даних режиму зволоження в межах періодично промивного водного режиму чорноземів [20; 21]. Закономірності кліматичних змін дають змогу виявити вплив короткоперіодичних змін клімату на навколишнє середовище. Однак існує дефіцит

інформації щодо впливу внутрішньовікових кліматичних циклів на ґрунти і ґрунтовий покрив і, зокрема, на зміну водного режиму. Тому вивчення впливу вікової зміни клімату на ґрунтовий покрив, особливо на формування водного режиму, набуває особливої важливості в умовах центральної частини Лісостепу України [22; 23].

Актуальним є проведення комплексного аналізу багаторічних даних про вологість чорнозему і кліматичних показників у центральній частині Лісостепу України. Важливо виокремити роль окремих зовнішніх кліматичних чинників у формуванні водного режиму чорнозему за умов, що змінюються, і дати якісні та кількісні оцінки. Провести оцінку внеску господарських чинників у формування режиму зволоження чорнозему в агроценозі та виявити з цих чинників найбільш значущі на основі багаторічних визначень гідрометеорологічної мережі та даних отриманих на Черкаській державній сільськогосподарській дослідній станції, де проводилися довгострокові спостереження за зміною режиму зволоження в межах періодично промивного водного режиму центральної частини Лісостепу.

Матеріали та методи досліджень. Дослідження виконували в центральній частині Лівобережного Лісостепу України на Драбівському дослідному полі Черкаської державної сільськогосподарської дослідної станції ННЦ «ІЗ НААН». Спостереження за формуванням весняних запасів продуктивної вологи залежно від агрокліматичних показників проводили в умовах лісостепової зволоженої (ГТК= 1,00–1,20) зони (8.7б) чорноземів типових (Чт) з кількістю опадів за холодний період року 140–160 мм з засвоєнням опадів 52% з ГТК за травень–липень (1,00–1,10), серпень – вересень (0,91–1,00) [24]. Аналіз динаміки вологості метрової товщі та накопичення продуктивного запасу вологи проводили за сукупністю даних з 1947 по 2022 рр. за матеріалами звітів виконання наукових досліджень Драбівської дослідної станції та Драбівського дослідного поля Черкаської державної сільськогосподарської дослідної станції ННЦ «ІЗ НААН». Проаналізовано зміну вологозапасів у межах періодично промивного водного режиму центральної частини Лівобережного Лісостепу України. Визначення здійснювалися на глибину 0–100 см. Багаторічні спостереження запасів продуктивної вологи, починаючи з 1947 по 2024 рр., проводилися і проводяться за методикою за А.А.Роде [1965], термостатно-ваговим методом висушування.

Зразки відбиралися буром до глибини від 0–100 см пошарово через 10 см. Повторність при взятті зразків триразова. Дослідження водного режиму здійснені згідно з: ДСТУ ISO 16586:2005. Якість ґрунту. Визначення об'ємної вологості ґрунту за відомою щільністю складення на суху масу. Гравіметричний метод. (ISO 16586:2003, IDT); ДСТУ ISO 15709:2004. Якість ґрунту. Ґрунтова волога та ненасичена зона. Визначення, позначення та теорія (ISO 15709:2002, IDT). Результати польових досліджень піддавали статистичній обробці методом дисперсійного аналізу з використанням статистичних методів: факторний та метод непараметричної статистики. Узагальнення результатів досліджень проводили за допомогою програми «STATISTICA–10».

Результати та їх обговорення. З метою типізації режиму зволоження чорнозему типового в межах періодично промивного водного режиму за 1947–2022 рр. проведено узагальнення закономірностей накопичення продуктивної вологи за холодний період року, формування весняних вологозапасів та їх витрата за період квітень–липень, що дало можливість, з урахуванням зміни кліматичних параметрів, встановити основні

закономірності зміни вологозабезпечення [1; 3] в агроценозах центральної частини Лісостепу України.

Запас продуктивної вологи в товщі 0–100 см у листопаді становив у середньому близько 62 мм, а за медіаною запас вологи був на 10 мм меншим. Амплітудний розмах запасу вологи сягав 128 мм, а нормований 24,5 мм (50%) та 33 мм (10%). Крім того, запас вологи за медіаною, більшою мірою, тяжів до $L_{0,25}=44$ мм, що свідчить про зменшення запасу вологи у метровому шарі ґрунту від 1945 до 2022 рр. Коефіцієнт варіації становив 54,4%, що відповідає дуже високому рівню. Варіабельність запасу вологи у метровому шарі ґрунту в листопаді перевищувала варіабельність опадів у 2,3 рази. Нормовані параметри опадів за листопад – березень показано у табл. 1. Амплітудний розмах становив $A_p=145$ мм, а нормований $A_n=49$ мм (за 50% рівнем значимості). За період спостережень середня кількість опадів за холодний період року сягала близько 191 мм. Коефіцієнт варіації перевищував 20%, що говорить про середній рівень їх варіабельності. Кількість опадів за квітень – серпень за період спостережень у середньому становила 257 мм, а сама кількість опадів за

Таблиця 1. Типізація атмосферних опадів, запасів та витрати продуктивної вологи з ґрунту за 1947–2022 рр.

Параметри	Mean	Median	Амплітудний розмах, мм		Нормований розмах, мм				Coef. Var., %
			Min	Max	$L_{0,25}$	$L_{0,75}$	$L_{0,10}$	$L_{0,95}$	
	$\Delta a = \text{Max} - \text{Min}$		50% рівень значимості		10% рівень значимості				
	мм		$\Delta n = L_{0,75} - L_{0,25}$		$\Delta n = L_{0,95} - L_{0,10}$				
Опади, мм									
Листопад–березень	190,6	195,0	121,0	266,0	160,5	209,0	128,0	257,0	23,2
Квітень–серпень	257,2	266,0	200,0	292,0	239,5	277,0	218,0	285,0	11,0
Запас продуктивної вологи в 0–100 см товщі, мм									
Листопад	61,6	51,5	32,0	160,0	44,0	68,5	42,0	75,0	54,4
Квітень	155,7	157,5	130,0	188,0	145,0	165,0	135,0	170,0	10,3
Надійшло вологи в ґрунт навесні	93,9	99,0	26,0	118,0	91,5	105,0	80,0	115,0	25,3
**Пт (потенціал)	421,1	419,5	362,0	473,0	405,5	442,0	388,0	457,0	7,3
Липень	50,1	45,5	25,0	81,0	39,0	63,0	35,0	70,0	32,8
Витрата вологи з ґрунту, мм									
Квітень–липень	–105	–105	–125	–90,0	–108	–99,5	–122	–99,0	9,3
Витрата за IV–VIII з Пт	–362,7	–376,0	–307,0	–391,0	–340,5	–384,0	–317,0	–389,0	8,4
*П _{зв}	1,02	1,02	0,75	1,41	0,88	1,13	0,77	1,22	18,5

Примітка. *Пз.в – показник зволоження; (Пз= $W_{ф.з.}/0,85 W_{нв}$, де $W_{ф.з}$ – фактичний запас продуктивної вологи, мм; $W_{нв}$ – запас продуктивної вологи при найменшій польовій вологоємності, мм (близько 145 мм)[2]); **Пт – потенціал вологи (запас вологи в 0–100 см у квітні + опади за квітень–вересень); Mean (мм) – середнє; Median (мм) – медіана.

медіаною більшою мірою тяжіла до верхнього типового значення, що пов'язано з їх зростаючою кількістю з 1947 по 2022 рр. (табл.1).

У середньому запас продуктивної вологи у метровому шарі ґрунту в квітні був на рівні близько 156 мм, а за медіанним значенням становив близько 158 мм. Амплітудний розмах сягав 58 мм, що у 2,2 раза менше порівняно з запасом вологи у листопаді. Нормований розмах був 20 мм (50%) та 35 мм (10%), що близько нормованому розмаху запасам вологи у 0–100 см у листопаді. Коефіцієнт варіації запасу вологи в товщі 0–100 см у квітні – на рівні 10%, а порівняно з варіацією запасів у листопаді у 5,3 раза меншим. Варіація кількості опадів за листопад – березень була у 2,3 раза вищою, ніж сформовані запаси продуктивної вологи у квітні.

У середньому за холодний період року в метровому шарі ґрунту накопичувалося близько 94 мм вологи з атмосферних опадів, а за медіаною на 5 мм більше. Накопичення вологи у ґрунті більшою мірою тяжіло до верхнього типового значення ($L_{0,25}=105$ мм) і свідчить про те, що чим менша кількість вологи була накопичена перед входом у зиму, тим більша кількість вологи з опадів накопичувалася ґрунтовою товщею весною, що притаманно більш раннім періодам спостережень, тоді як у 2020–2022 рр. закономірність – оберненою. Амплітудний розмах надходження вологи у метрову товщу становив 92 мм, а нормований –13 мм (50%) та 35 мм (10%), а коефіцієнт варіації при цьому перевищував 25%, що вказує на високий рівень варіації.

Середній потенціальний запас вологи (запас у квітні в метровому шарі ґрунту + опади за квітень – серпень) становив 421 мм, а по медіані близько 420 мм. Амплітудний розмах сягав 111 мм, а нормований –36 мм (50%) та 69 мм (10%). Потенціал запасу вологи (Пт) за медіаною більшою мірою схилився до $L_{0,25}=405,5$, що свідчить про стійку тенденцію зниження її запасу від 1947 по 2022 рр. (див. табл.1). Коефіцієнт варіації Пт становив 7,3%, що у 3,5 раза нижче за варіабельністю, ніж варіабельність накопичення продуктивної вологи у квітні і говорить про достатній рівень забезпечення умов вегетації атмосферними опадами за квітень – серпень.

Запас продуктивної вологи у метровій товщі у липні за період спостережень сягав близько 50 мм, а за медіаною на 5 мм менше, що зумовило схилення значення до $L_{0,25}=39$ мм та свідчить про зменшення кількості вологи у метровому шарі у липні від

1947 до 2022 рр. Амплітудний розмах запасу вологи у липні становив 56 мм, а нормований 24 мм (50%) та 35 мм (10%). Коефіцієнт варіації формування запасу вологи в 0–100 см шарі у липні перевищував 30%, що вказує на високий рівень варіабельності, який перевищував варіабельність у квітні в 3,2 раза, а відносно листопада був меншим в 1,65 раза.

Витрата продуктивного запасу вологи з метрової товщі ґрунту за квітень – липень за середнім значенням та медіаною становила 105 мм. Витрата вологи з ґрунту за обома статистичними показниками тяжіла до верхнього типового значення ($L_{0,75}=122$ мм), що є свідченням інтенсивного витрачання вологи з ґрунту за увесь період спостережень. Амплітудний розмах витрати вологи з ґрунту був 35 мм, а нормований –8,5 мм (50%) та 23 мм (10%). Коефіцієнт варіації витрати продуктивного запасу вологи – меншим за 10%, що вказує на сталість витрати вологи з метрової товщі ґрунту за період проведення спостережень.

Витрата Пт вологи за квітень – серпень становила 363 мм, а за медіаною на 13 мм більше. Витрата за медіаною тяжіла до верхнього типового значення $L_{0,75}=384$ мм, що свідчить про зростання витрати Пт вологи з 1947 по 2022 рр. Амплітудний розмах витрати вологи становив 84 мм, а нормований –43 мм (50%) та 72 мм (10%). Рівність витрати вологи за $\Delta n_{(10\%)}$ до амплітудного розмаху (Δa) вказує на стабільність зазначеного параметру, що відображається на значенні коефіцієнта варіації, який був нижчим за витрати вологи з ґрунту в 1,2 раза.

Середня випаровуваність за квітень – серпень становила 428 мм, а за амплітудним розмахом випаровуваність досягала за максимальним значенням 561 мм; за мінімальним значенням – 325 мм. Амплітудний розмах – 236 мм. Нормований розмах випаровуваності був 122 мм (50%) і 185 мм (10%), а коефіцієнт варіації випаровуваності становив 18,2%. Медіанне значення випаровуваності більшою мірою тяжіло до верхнього типового значення ($L_{0,75}=507,5$ мм), що свідчить про наростання випаровуваності від 1947 по 2022 рр.

За період спостережень (1947–2022 рр.) показник зволоження (Пз) за листопад у середньому сягав 0,42, а за медіаною – 0,35. За амплітудного розмаху $\Delta_{пз(a)}=0,90$ та нормованого $\Delta_{пз(n)}=0,16$ (50%) і $\Delta_{пз(n)}=0,23$ (10%) за високого рівня коефіцієнта варіації, який перевищував 50%. Середнє значення Пз у квітні було $Пз=1,05$, що відповідає оптимальному зволоженню. За амплітудним розмахом $\Delta_{пз(a)}=0,71$,

тоді як нормований розмах за 50% і 10% рівнем значимості перебував на рівні $\Delta_{\text{пз(н)}} = 0,12$ та $\Delta_{\text{пз(н)}} = 0,42$ відповідно за рівня варіації показника 17,5%, що свідчить про стабільний рівень Пз у квітні за весь період спостережень зі слабкою тенденцією до зниження Пз у період 2010–2022 рр.

У середньому показник зволоження у липні був нижчим за значення у листопаді в 1,23 раза, а відносно квітня Пз – нижчим у 3,1 раза. Амплітудний розмах становив $\Delta_{\text{пз(а)}} = 0,38$, а нормований $\Delta_{\text{пз(н)}} = 0,16$ (50%) та $\Delta_{\text{пз(н)}} = 0,25$ (10%) за зростання коефіцієнта варіації до 32,9%.

Дефіцит води (Дв) у листопаді у середньому становив $\text{Дв} = 0,59$ за медіанного значення $\text{Дв} = 0,65$, що свідчить про те, що показник дефіциту води у листопаді тягнувся до верхнього типового значення, а високий розмах по амплітудному та нормованому значенням був пов'язаний із високим

значенням коефіцієнта варіації, який перевищував 30%. Дефіцит води у липні сягав 0,66, а за медіанного значення 0,69, який тяжів до верхнього типового значення, а рівень амплітудного і нормованого значення, відповідний Дв у листопаді, забезпечував коефіцієнт варіації на 17%, що свідчить про формування більш посушливих умов у ґрунті в липні (табл. 2).

Нормований параметр ГТК за Селяниновим показує, що у період квітень – травень за період спостережень (75 років) становив 1,0, а за медіаною 0,95, що більшою мірою тяжило до нижнього типового значення та формування посушливих умов. За амплітудним розмахом весняний період характеризувався від надмірно зволених умов ($\text{ГТК} > 1,5$) до посушливих ($\text{ГТК} = 0,79$) за амплітудного розмаху $\Delta_{\text{ГТК(а)}} = 0,86$. Нормований розмах сягав $\Delta_{\text{ГТК(н)}} = 0,40$ (50%) та $\Delta_{\text{ГТК(н)}} = 0,60$ (10%) за коефіцієнта

Таблиця 2. Типізація кліматичних параметрів умов формування водного режиму за 1947–2022 рр.

Параметри	**Mean	***Median	Амплітудний розмах		Нормований розмах				Coef. Var., %
			Min	Max	L0,25	L0,75	L0,10	L0,95	
					$\Delta_n = L0,75 - L0,25$		* $\Delta_n = L0,95 - L0,10$		
			$\Delta_a = \text{Max} - \text{Min}$		50% рівень значимості		10% рівень значимості		
Показник зволоження, Пз*									
Пз за XI	0,42	0,35	0,21	1,11	0,30	0,46	0,28	0,51	56,0
Пз за IV	1,05	1,10	0,65	1,36	1,01	1,13	0,79	1,21	17,5
Пз за VII	0,34	0,31	0,17	0,55	0,27	0,43	0,24	0,48	32,9
Дв XI	0,59	0,65	0,00	0,81	0,54	0,70	0,49	0,72	35,0
Дв VII	0,66	0,69	0,45	0,83	0,57	0,73	0,52	0,76	17,0
Середньодобова температура повітря, t°C									
Квітень–травень	12,3	12,1	10,4	14,5	11,5	13,2	11,2	14,3	10,0
Червень–серпень	19,9	19,9	16,7	22,0	19,3	21,2	18,5	21,6	7,40
Квітень–серпень	16,2	15,90	14,60	18,00	15,40	17,35	15,10	18,00	7,19
Сума активних температур $\Sigma t0C > 10^{\circ}C$									
Квітень–травень	766	753	685	875	705	829	695	875	9,35
Червень–серпень	1857	1837	1702	2025	1771	1959	1720	2000	5,93
Квітень–серпень	2610	2553	2355	2955	2473	2760	2405	2860	7,20
Гідротермічний показник зволоження (ГТК за Селяниновим)									
IV–V	1,00	0,95	0,65	1,51	0,79	1,19	0,69	1,29	26,3
IV–XIII	0,99	1,00	0,76	1,21	0,91	1,09	0,79	1,13	13,5
VI–XIII	0,97	1,06	0,61	1,18	0,78	1,13	0,66	1,15	21,2

Примітка. *Пз.в – показник зволоження; (Пз= $W_{\text{ф.з.}}/0,85 W_{\text{нв}}$, де $W_{\text{ф.з.}}$ – фактичний запас продуктивної води, мм; $W_{\text{нв}}$ – запас продуктивної води при найменшій польовій вологоємності, мм (близько 145 мм)[2]); **Mean (мм) – середнє; ***Median (мм) – медіана.

варіації більше 25%, що свідчить про високу варіабельність та наростання посушливих умов, особливо у період з 2010 по 2022 рр.

Середнє значення ГТК за літній період становило ГТК = 0,97 за амплітудного розмаху $\Delta_{ГТК(a)} = 0,57$ та нормованого розмаху $\Delta_{ГТК(n)} = 0,35$ (50%) та $\Delta_{ГТК(n)} = 0,49$ (10%) за коефіцієнта варіації більше 20%, що нижче в 1,2 раза. У середньому за квітень–серпень ГТК = 0,99 за амплітудного розмаху $\Delta_{ГТК(a)} = 0,45$. Нормований розмах сягав $\Delta_{ГТК(n)} = 0,18$ (50%) та $\Delta_{ГТК(n)} = 0,34$ (10 %).

Показники ГТК за мінімальним значенням весняного і літнього періодів були ГТК = 0,61–0,76 (посушливі умови), а за нормованого розмаху по $L_{0,1}$ та $L_{0,25}$ ГТК = 0,78–0,91 та ГТК = 0,66–0,79, що відповідає посушливим та гостропосушливим умовам. Показник гідротермічних умов за літній період мав коефіцієнт варіації 13,5%, що свідчить про стабільність сформованих умов за 1947–2022 рр. зі стійкою тенденцією наростання посушливих умов у літній період.

Розрахунок парних коефіцієнтів показав, що між кількістю опадів за листопад–березень та надходженням вологи до метрового шару ґрунту виявлено обернену сильну кореляцію ($R > -0,70$), а витрата вологи з ґрунту за квітень – липень корелювала з опадами за листопад–березень на рівні прямої сильної кореляції ($R = \geq +0,70$). З витратою вологи

з потенціалу вологи на квітень–серпень зв'язок був на рівні оберненої сильної кореляції ($R < 0,70$), тобто чим більша кількість опадів за осінньо-зимо-во-весняний період (холодний період), тим менша кількість вологи фіксується у метровій товщі, більша її витрата за квітень–липень з ґрунту та менша витрата потенціалу вологи за квітень–серпень (табл. 3).

Між запасом вологи у метровій товщі у листопаді та запасом у квітні виявлено закономірність, суть якої зводиться до того, що чим нижчий запас вологи перед входом у зиму, тим вищий її запас у квітні та липні ($R = -0,78-0,84$). Між квітневими запасами вологи у ґрунті та запасами вологи у липні встановлено прямий кореляційний зв'язок ($R = +0,82$). Між опадами за квітень–серпень та витратою потенціалу вологи за цей самий період виявлено прямий кореляційний зв'язок ($R = +0,95$). Між запасами продуктивної вологи у листопаді і квітні та показниками зволоженості визначено пряму кореляцію ($R = 0,65-0,84$), а з дефіцитом вологи обернену сильну кореляцію ($R = -0,80-0,84$).

Запас вологи у ґрунті в липні корелював з Пз у листопаді прямою сильною кореляцією $R = +0,83$, у квітні $R = 0,65$, а у липні на рівні прямого функціонального зв'язку. Між показниками зволоженості у липні та квітні кореляційний зв'язок був на рівні прямої середньої кореляції, а між Пз у листопаді

Таблиця 3. Матриця парних коефіцієнтів кореляції між параметрами надходження та витрат атмосферної вологи та вологи метрової товщі чорнозему типового

Параметри	Опади за листопад–березень, мм	Листопад, мм	Квітень, мм	Надходження за листопад–квітень, мм	Опади за квітень–серпень	Липень, мм	Витрата за квітень–липень ґрунту, мм	Витрата за квітень–серпень з потенціалу, мм
Опади за XI–III, мм	1,00			-0,74	-0,58		0,77	-0,78
*Листопад (0–100см), мм		1,00	0,78	-0,91		0,84		
*Квітень (0–100см), мм			1,00			0,82		
Надходження за XI–IV, мм				1,00		-0,64		0,62
Опади за IV–VIII, мм					1,00			0,95
*Липень (0–100см), мм						1,00		
Витрата вологи з ґрунту за IV–VII, мм							1,00	
Витрата IV–VIII з **Пт, мм								1,00

Примітка. *Запас вологи в ґрунті, мм; **Пт – потенціал вологи (запас вологи в товщі 0–100 см у квітні + опади за квітень–вересень).

Таблиця 4. Матриця парних коефіцієнтів кореляції між параметрами надходження та витрати атмосферної вологи на випаровування

Кліматичні показники	Випаровуваність, мм	ГТК (IV–XIII)	ГТК (VI–XIII)	квітень–травень, T0	Сума T0 квітень–травень	T0 червень–серпень	Сума T червень–серпень	T0 Квітень–серпень	Сума T квітень–серпень	К З.В
Випаровуваність, мм	1,00	-0,64	-0,66	0,91	0,74	0,87	0,96	0,96	0,95	-0,91
ГТК (IV–XIII)		1,00	0,86	–	–	-0,60	-0,59	–	–	0,72
ГТК (VI–XIII)			1,00	–	–	-0,63	-0,66	-0,61	-0,58	0,68
Квітень–травень, T0				1,00	0,69	0,86	0,89	0,97	0,97	-0,77
Сума T0 за IV–V					1,00	–	0,66	0,68	0,72	–
T0 за VI– VIII						1,00	0,93	0,92	0,90	-0,83
Сума T за VI– VIII							1,00	0,97	0,96	-0,91
T0 Квітень–серпень								1,00	0,99	-0,86
Сума T за IV–VIII									1,00	-0,86
П З.В										1,00

Примітка. Пз – показник зволоження ($P_z = W_{ф.з.}/0,85 W_{нв}$, де $W_{ф.з}$ – фактичний запас продуктивної вологи, мм; $W_{нв}$ – запас продуктивної вологи при найменшій польовій вологоємності, мм (близько 145 мм).

і липні зв'язок був на рівні прямої сильної кореляції ($R = 0,83$). Між дефіцитом вологи у ґрунті та Пз за листопад – липень зв'язок був оберненим на рівні сильної кореляції: $R = 0,65–0,87$ (табл. 4).

Розрахунок показав, що між випаровуваністю вологи та температурою повітря та ґрунту було виявлено кореляційні зв'язки. З ГТК (IV–XIII) та ГТК (VI–XIII) на рівні оберненої середньої кореляції ($R = -0,74–0,96$). Між випаровуваністю вологи за квітень – серпень та коефіцієнтом зволоження зв'язок був на рівні оберненої сильної кореляції ($R = -0,91$). Блок термічних показників (середньомісячна температура повітря та сума активних температур) по періодах спостережень корелював між собою на рівні прямих кореляційних зв'язків ($R = +0,86–0,99$), а показник $\Pi_{зв}$ мав кореляцію з блоком термічних показників на рівні сильної оберненої кореляції ($R = -0,83–0,91$). Між показником зволоження ($\Pi_{зв}$) та ГТК за весняно–літній період зв'язок був на рівні прямої сильної кореляції ($R = 0,68–0,72$).

Факторний аналіз показав, що по фактору F_1 , як головної компоненти, за прямою сильною кореляцією, що формує прямий функціональний зв'язок, були прив'язані запас вологи у листопаді, квітні, липні та Пз за зазначені місяці і коефіцієнт зволоження. За оберненою кореляцією була прив'язка

до F_1 показників дефіциту вологи у листопаді та липні, випаровуваність і температурні показники: середньодобова температура у квітні – травні (t °C) та квітні – серпні (t °C) та сума активних температур за червень – серпень і квітень – серпень. Зазначені параметри за спрямованістю мають обернено функціональний характер. Співвідношення обернених і прямих зв'язків становить 1 до 1, що є найбільш виваженим. На фактори F_1 та F_2 приходилося 78% від загальної дисперсії складових ознак.

Висновки

Проведений аналіз погодно-кліматичних параметрів у комплексі з формуванням запасів продуктивної вологи в метровій товщі у весняний та літній періоди за 1947–2022 рр. дав можливість встановити, що в умовах центральної частини Лівобережного Лісостепу формується водний режим, який відповідає періодично промивному типу, але за режимом зволоження (перебігом у часі) проявляється стійка тенденція прояву ознак непромивного водного режиму, що є ознакою, більшою мірою, аридизації ґрунтових умов вегетації сільськогосподарських культур у сучасних умовах глобальних змін клімату в лісостеповій зоні. Процес остепніння центральної частини лісостепової зони відсутній, ознакою якого буде формування водного режиму чорноземів типових за випотним типом.

ЛІТЕРАТУРА

1. Ткачук А.В. Застосування щоденних запасів ґрунтової вологи для агрокліматичної адаптації землеробства до природної зволоженості території. *Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету*. 2011. №1. С. 123–132.
2. Коваленко В.В., Рудаков Л.М., Доценко В.І., Бугайова І.Ю. Від розрахунку вологозапасів до створення геоінформаційної системи режиму ґрунтової вологи. *Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету*. 2014. №2. С. 139–141.
3. Камінський В.Ф., Гангур В.В. Динаміка продуктивної вологи в ґрунті за вирощування пшениці озимої в сівозмiнах Лівобережного Лісостепу України. *Вісник Полтавської аграрної академії*. 2018. № 3. С.11–14. DOI: 10.31210/visnyk2018.03.01.
4. Сайко В. Ф. Землеробство в контексті змін клімату. Збірник наукових праць Національного наукового центру «Інститут землеробства УААН». 2008. Спецвипуск. С. 3–14. URL : http://irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?C21COM=2&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&IMAGE_FILE_DOWNLOAD=1&Image_file_name=PDF/znpzeml_2008_Spets.vip._3.pdf.
5. Нечипоренко О. М. Управління ризиками глобальних змін клімату в агропромисловому комплексі України. *Економіка АПК*. 2020. № 4. С 6—16. DOI: <https://doi.org/10.32317/2221-1055.202004006>.
6. Тараріко О.Г., Ільєнко Т.В., Кучма Т.Л. Вплив змін клімату на продуктивність та валові збори зернових культур: аналіз та прогноз. *Український географічний журнал*. 2016. № 1. С.14–22. doi:10.15407/ugz2016.01.014.
7. Писаренко В.М., Писаренко П.В., Писаренко В.В., Горб О. О., Чайка Т. О. Посухи в контексті змін клімату України. *Вісник ПДАА*. 2019. № 1. С. 34–146. DOI: 10.31210/visnyk2019.01.15.
8. Yasnolob I., Chayka T., Aranchiy V., Gorb O., Dugar T. Mycorrhiza as a biotic factor, influencing the ecosystem stability. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2018. № 8(1). P. 363–370. DOI : <http://dx.doi.org/10.15421/2018%25x>. URL : http://ojs.mdpu.org.ua/index.php/biol/article/view/_223.
9. Yasnolob I.O., Pysarenko V.M., Chayka T.O., Gorb O.O., Pestsova-Svitalka O.S., Kononenko Zh.A., Pomaz O.M. Ecologization of tillage methods with the aim of soil fertility improvement. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2018. № 8 (2). P. 280–286. DOI: 10.15421/2018_339 URL: http://ojs.mdpu.org.ua/index.php/biol/article/view/_339.
10. Літвінов Д.В. Формування водного режиму ґрунту в системі короткоротаційних сівозмiн. *Вісник аграрної науки*. 2015. №11. С. 13–18.
11. Шаповал І. С. Водний режим ґрунту залежно від насичення сівозмiн зерновими культурами. *Зб. наук. пр. Ін-ту землеробства УААН*. 2002. Вип. 1. С. 44–47.
12. Шикун Н.К., Назаренко Г.В. Минимальная обработка черноземов и воспроизводство их плодородия. М. : Агропромиздат, 1990. 320 с.
13. Герцык В.В., Роде А.А. Элементы баланса влаги в целинных черноземах в некосимой степи и дубовом лесу. *Почвоведение*. 1978. (7).С. 77–86.
14. Purton K., Pennock D., Leinweber P., Walley F. 2015. Will changes in climate and land use affect soil organic matter composition Evidence from an ecotonal climosequence. *Geoderma*, 253–254. P. 48–60.
15. Routschek A., Schmidt J., Kreienkamp F. 2014. Impact of climatechange on soil erosion – A highresolution projection on catchment scale until 2100 in Saxony. *Catena*, 121.P. 99–109.
16. Mihailovich D.T., Dreskovic N., Arsenis I., Ciric V., Durdevis V., Mimich G., Pap I.I., Balazh 2016. Impact of climate change on soil thermal and moisture regimes in Serbia: An analysis with data from regional climate simulations under SRES–A1B. *Science of The Total Environment*, 571.P. 398–409.
17. Ciric V.I., Dreskovic N., Mihailovich D.T., Mimich G., Arsenis I., Đurdevis V. 2017. Which is the response of soils in the Vojvodina Region (Serbia) to climate change using regional climate simulations under the SRES–A1B. *Catena*, 158. P. 171–183.
18. Chendev Yu.G., Petin A.N., Lupo A.R. 2012. Soils as indicators of climatic changes. *Geography, Environment, Sustainability*, 1.P. 4–17.
19. Зміна клімату: наслідки та заходи адаптації: аналіт. доповідь / [С.П. Іванюта, О.О. Коломієць, О.А. Малиновська, Л.М. Якушенко]; за ред. С.П. Іванюти. Київ : НІСД, 2020. 110 с
20. Романчук І.Ф. Вплив водного режиму ґрунтів на ступень їх деградації з використанням космічних знімків та даних наземної польової завірки. *Український журнал дистанційного зондування Землі*. 2018. № 17. С. 26–30. DOI: <https://doi.org/10.36023/ujrs.2018.17.126>.
21. Пазинич Н.В., Романчук І.Ф. Характеристика стану вологості ґрунтів з використанням картографічних методів та даних супутникової зйомки.

Вісник Одеського національного університету. Географічні та геологічні науки. 2018. Т. 23. Вип. 2(33). С. 43–54. DOI: [https://doi.org/10.18524/2303-9914.2018.2\(33\).146631](https://doi.org/10.18524/2303-9914.2018.2(33).146631).

22. Вплив сучасних кліматичних змін на водні ресурси та сільськогосподарське виробництво /

М.І. Ромашенко та ін. *Меліорація і водне господарство*. 2020. № 2. С. 5–22. DOI : <https://doi.org/10.31073/mivg202001-235>.

23. Полупан М.І., Соловей В.Б., Величко В.А. Класифікація Ґрунтів України. Київ: Аграрна наука, 2005. С.300.

REFERENCES

1. Tkachuk A.V. (2011). Application of daily soil moisture reserves for agroclimatic adaptation of agriculture to the natural moisture content of the territory. *Bulletin of Dnipropetrovsk State Agrarian University, 1*, 123–132 [in Ukrainian].
2. Kovalenko V.V., Rudakov L.M., Dotsenko V.I., Bugayova I.Yu. (2014). From the calculation of moisture reserves to the creation of a geoinformation system of the soil moisture regime. *Bulletin of Dnipropetrovsk State Agrarian University, 2*, 139–141 [in Ukrainian].
3. Kaminsky V.F., Gangur V.V. (2018). Dynamics of productive moisture in the soil during the cultivation of winter wheat in crop rotations of the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine. *Bulletin of the Poltava Agrarian Academy, 3*, 11–14. DOI: 10.31210/visnyk2018.03.01 [in Ukrainian].
4. Saiko V. F. (2008). Agriculture in the context of climate change. *Collection of scientific papers of the National Scientific Center "Institute of Agriculture of the Ukrainian Academy of Sciences"*. P. 3–14. URL: http://irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?C21COM=2&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&IMAGE_FILE_DOWNLOAD=1&Image_file_name=PDF/znpzeml_2008_Spets.vip_3.pdf [in Ukrainian].
5. Nechyporenko O. M. (2020). Management of risks of global climate change in the agro-industrial complex of Ukraine. *Economics of the Agricultural Complex, 4*, 6 – 16. DOI: <https://doi.org/10.32317/2221-1055.202004006> [in Ukrainian].
6. Tararik O.G., Ilienکو T.V., Kuchma T.L. (2016). The impact of climate change on productivity and gross yields of grain crops: analysis and forecast. *Ukrainian Geographical Journal, 1*, 14–22. doi:10.15407/ugz2016.01.014 [in Ukrainian].
7. Pysarenko V.M., Pysarenko P.V., Pysarenko V.V., Gorb O.O., Chaika T.O. (2019). Droughts in the context of climate change in Ukraine. *Bulletin of the Ukrainian Agricultural Academy, 1*, 134–146. DOI: 10.31210/visnyk2019.01.15.1 [in Ukrainian].
8. Yasnolob I., Chayka T., Aranchiy V., Gorb O., Dugar T. (2018). Mycorrhiza ut factor bioticus, stabilitatem oecosystematis influens. *Acta Ecologiae Ucrainae, 8(1)*, 363–370. DOI: <http://dx.doi.org/10.15421/2018%25x>. URL : http://ojs.mdpu.org.ua/index.php/biol/articulus/view/_223 [in English].
9. Yasnolob I.O., Pysarenko V.M., Chayka T.O., Gorb O.O., Pestsova-Svitalka O.S., Kononenko Zh.A., Pomaz O.M. (2018). Ecologization culturae methodi cum fine terrae fertilitatis emendatio. *Acta Ecologiae Ucrainae, 8(2)*, 280–286. DOI: 10.15421/2018_339. URL: http://ojs.mdpu.org.ua/index.php/biol/article/view/_339 [in English].
10. Litvinov D.V. (2015). Formation of the soil water regime in the system of short-rotation crop rotations. *Bulletin of Agrarian Science, 11*, 13–18 [in Ukrainian].
11. Shapoval I.S. (2002). Soil water regime depending on the saturation of crop rotations with grain crops. Collection of scientific works. *Institute of Agriculture of the Ukrainian Academy of Sciences, 1*, 44–47 [in Ukrainian].
12. Shikula N.K., Nazarenko G.V. (1990). Minimal cultivation of chernozems and reproduction of their fertility. Moscow: Agropromizdat, 320 p. [in Ukrainian].
13. Gertsyk V.V., Rode A.A. (1978). Elements of moisture balance in virgin chernozems in unsown steppe and oak forest. *Soil science, (7)*, 77–86 [in Ukrainian].
14. Purton K., Pennock D., Leinweber P., Walley F. (2015). Will changes in climate and land use affect soil organic matter composition Evidence from an ecotonal climosequence. *Geoderma, 253–254*, 48–60 [in English].
15. Routschek A., Schmidt J., Kreienkamp F. (2014). Impact of climatechange on soil erosion – A high-resolution projection on catchment scale until 2100 in Saxony. *Catena, 121*, 99–109 [in English].
16. Mihailovich D.T., Dreskovic N., Arsenis I., Ciric V., Durdevis V., Mimich G., Pap I.I., Balazh (2016). Impact of climate change on soil thermal and moisture regimes in Serbia: An analysis with data from regional climate simulations under SRES–A1B. *Science of The Total Environment, 571*, 398–409 [in English].
17. Ciric V.I., Dreskovic N., Mihailovich D.T., Mimich G., Arsenis I., Đurdevis V. (2017). Which is the response of soils in the Vojvodina Region (Serbia) to

- climate change using regional climate simulations under the SRES–A1B. *Catena*, 158, 171–183 [in English].
18. Chendev Yu.G., Petin A.N., Lupo A.R. (2012). Soils as indicators of climatic changes. *Geography, Environment, Sustainability*, 1, 4–17 [in English].
 19. Climate change: consequences and adaptation measures: analytical report / S.P. Ivanyuta, O.O. Kolomyiets, O.A. Malinovska, L.M. Yakushenko (2020). edited by S.P. Ivanyuta. Kyiv: NISD, 110 p. [in Ukrainian].
 20. Romanchuk I.F. (2018). The influence of soil water regime on the degree of their degradation using space imagery and ground field verification data. *Ukrainian Journal of Remote Sensing of the Earth*, 17, 26–30. DOI: <https://doi.org/10.36023/ujrs.2018.17.126> [in Ukrainian].
 21. Pazynych N.V., Romanchuk I.F. (2018). Characteristics of soil moisture using cartographic methods and satellite survey data. Bulletin of the Odessa National University. *Geographical and Geological Sciences*, 23,2(33), 43–54. DOI: [https://doi.org/10.18524/2303-9914.2018.2\(33\).146631](https://doi.org/10.18524/2303-9914.2018.2(33).146631) [in Ukrainian].
 22. The impact of modern climate change on water resources and agricultural production (2020). M.I. Romashchenko et al. *Land reclamation and water management*, 2, 5–22. DOI: <https://doi.org/10.31073/mivg202001-235> [in Ukrainian].
 23. Polupan M.I., Solovey V.B., Velichko V.A. (2005). Classification of Soils of Ukraine. Kyiv: Agrarian Science. P. 300 [in Ukrainian].

Demydenko O.V.

Normalized parameters of atmospheric moisture and water regime of chernozem in the central part of the left-bank Forest-Steppe

Aim. Based on the analysis of long-term observations (1947-2022) of soil moisture accumulation and discharge, to establish the normative parameters of atmospheric moisture supply conditions in the context of age-related climate change and typical deviations of the moisture regime within the periodic flushing water regime of typical chernozem in the agrocenoses of the central part of the Forest-Steppe of Ukraine. **Methods.** Field (determination of the interaction of the object of study with abiotic factors and climatic parameters), measuring and weighing (determination of productive moisture reserves in a meter layer of soil), mathematical and statistical (processing of experimental data). **Results.** It was found that over 75 years, the average amount of precipitation for the cold season was about 191 mm with a coefficient of variation of 23.2%, and for April-August about 257 mm with a coefficient of variation of <15%. During the cold season, the amount of precipitation exceeded the normal precipitation of 15.6 mm, and during the active growing season it was 20 mm less. The average moisture reserve in spring was 155.7 mm in the one-meter thickness, and 50.1 mm in July, with a 3.2-fold higher coefficient of variation compared to the April value. The moisture content of the one-meter thick chernozem corresponded to the optimal level ($P_w = 1.1-0.9$), and in July the moisture content was $P_w = 0.5-0.3$ (arid and acutely dry conditions) with a variation index in July of > 33%, which is a high level of variation. **Conclusions.** The analysis of weather and climatic parameters in conjunction with the formation of productive moisture reserves in the one-meter thickness in the spring and summer periods for 1947-2022 allowed us to establish that in the conditions of the central part of the Left-Bank Forest-Steppe, a water regime is formed, which corresponds to the periodic flushing type, but in terms of moisture regime (over time) there is a steady tendency of manifestation of signs of non-flushing water regime, which is a sign of aridisation of soil conditions of crops vegetation in the current conditions of global climate change in the Forest-Steppe zone. The process of steppeification of the central part of the Forest-Steppe zone is absent, a sign of which will be the formation of a water regime of chernozems of typical effusion type

Key words: precipitation, cold season, productive moisture, moisture content, average daily air temperature, coefficient of variation.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Демиденко О.В., доктор сільськогосподарських наук, Черкаська державна сільськогосподарська дослідна станція ННЦ «Інститут землеробства НААН України», e-mail: agrogumys@ukr.net, ORCID: 0000-0002-5334-1154.

Demydenko O.V., Doctor of Agriculture of sciences, Cherkasy State Agricultural Research Station of the National Institute of Agriculture of the National Academy of Sciences of Ukraine, e-mail: agrogumys@ukr.net, ORCID: 0000-0002-5334-1154.

Надійшла 18.12.2024

ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ВРОЖАЙНОСТІ ТА ПРОДУКТИВНОСТІ КУЛЬТУР КОРОТКОРОТАЦІЙНОЇ ЗЕРНОВОЇ СІВОЗМІНИ ЗА ВІДНОВЛЮВАНОВОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА

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

ННЦ «ІЗ НААН» (с-ще Чабани, Україна)

Мета. Дослідити особливості формування врожайності та продуктивності культур короткоротаційної зернової сівозміни залежно від систем обробітку ґрунту за відновлюваного землеробства та розробити ефективні агротехнологічні заходи щодо підвищення продуктивності та стійкості агроecosystem та збереження родючості ґрунту. **Методи.** Польовий, статистичний, лабораторний. **Результати.** Встановлено вплив різних систем основного обробітку ґрунту та удобрення на формування врожайності та продуктивності культур у короткоротаційній зерновій сівозміні в умовах відновлюваного землеробства Лісостепу. Дослідження 2021–2024 рр. показали, що врожайність зернових культур значною мірою залежить від поєднання способу обробітку ґрунту, рівня удобрення та погодних умов. Найвищу врожайність пшениці озимої (5,31 т/га) та сої (3,37 т/га) отримано за адаптивного обробітку ґрунту та органо-мінеральної системи удобрення (побічна продукція + $N_{65}P_{60}K_{70}$ на га сівозмінної площі). Найбільшу врожайність вівса та проса забезпечили адаптивна та комбінована системи основного обробітку ґрунту за органо-мінеральної системи удобрення на рівні 4,40–4,42 та 3,64–3,75 т/га відповідно. Відмічено, що удобрення побічною продукцією та мінеральними добривами на 35,1–54,2% підвищує врожайність культур короткоротаційної сівозміни за всіх систем обробітку ґрунту. **Висновки.** Застосування диференційованої та комбінованої систем основного обробітку ґрунту забезпечило формування найвищого рівня продуктивності короткоротаційної зернової сівозміни – 5,21 і 5,14 т/га з. од. відповідно, що на 5,6 та 4,3% переважає рівень продуктивності за полицевої різноглибинної системи (контроль). Натомість щорічні безполицеві обробітки: плоскорізний, мілке дискування (10–12 см), і передусім поверхневе дискування (6–8 см), зумовили істотне зменшення (на 8,3–19,5%) даного показника до 4,51–3,96 т/га з. од.

Ключові слова: дисковий обробіток, оранка, плоскорізний обробіток, побічна продукція, мінеральні добрива, чизельний обробіток.

Вступ. У сучасному землеробстві системи обробітку ґрунту залишаються одним із ключових елементів виробничого процесу. Їх подальший розвиток тісно пов'язаний із загальними трансформаціями галузі, особливостями використання земельних ресурсів, змінною структурою посівних площ, кліматичними змінами та соціально-економічними процесами. За сучасних умов ведення землеробства, обробіток ґрунту виконує переважно роль допоміжного регулятора для підвищення рівня врожайності польових культур, а не є основним засобом реалізації потенційної родючості. Основний приріст продуктивності досягається завдяки збалансованому удобренню, застосуванню хімічних і водних меліорацій,

досягненням у галузі загальної та молекулярної генетики, селекції, удосконаленій системі хімічного захисту рослин, а також використанню регуляторів росту та біологічно активних сполук. Таким чином, базові функції обробки ґрунту трансформуються у напрямку підвищення екологічної, ресурсозберігаючої та енергоефективної складової систем землеробства.

Мета. Дослідити особливості формування врожайності та продуктивності культур короткоротаційної зернової сівозміни залежно від систем обробітку ґрунту за відновлюваного землеробства та розробити ефективні агротехнологічні заходи щодо підвищення продуктивності та стійкості агроecosystem та збереження родючості ґрунту.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сучасні дослідження, спрямовані на підвищення врожайності та продуктивності зернових культур у короткочасних сівозмінах у системах відновлювального землеробства, які зосереджені на вдосконаленні агротехнічних заходів, підвищенні родючості ґрунтів та ефективному використанні ресурсів. Вони підкреслюють необхідність комплексного підходу до управління агроценозами, що включає оптимізацію водно-повітряного режиму ґрунтів, науково обґрунтоване чергування культур у сівозміні та раціональне застосування добрив задля досягнення високої та стабільної продуктивності [1–3].

Одночасно сучасні системи механічного обробітку ґрунту постійно вдосконалюються і навіть зазнають кардинальних змін у напрямі комплексної адаптації до різноманітних природних і антропогенних умов через мінімізацію параметрів (глибини, способів, термінів та періодичності обробітку). Отже, традиційні багатоопераційні агрозаходи поступово замінюються на одноразовий прохід модульного комбінованого агрегату, який за заданим режимом виконує обробіток ґрунту, внесення добрив і пестицидів, сівбу, ущільнення [4].

Впровадження принципів відновлюваного землеробства може зробити істотний внесок у досягнення сільським господарством чистих нульових викидів парникових газів, незважаючи на практичні обмеження щодо їх застосування. Системи обробітку ґрунту можуть збільшити запаси CO_2 на 3 або 16 т/га, потенційно забезпечуючи 2,2 або 10,6 Мт CO_2 рік поглинання протягом 30 років, залежно від мікробіологічної активності ґрунту, а за застосування мінімального обробітку ґрунту без використання побічної продукції на добриво, відмічено неістотні зміни запасів вуглецю в ґрунті [7]. Дана закономірність підтверджується закордонними дослідженнями, де встановлено, що мінімізація обробітку ґрунту, збереження рослинних решток і покривні культури, сприяють збільшенню вмісту вуглецю у ґрунті, поліпшенню поживного режиму ґрунту та підвищенню рівня врожайності польових культур [2; 8].

За результатами попередніх досліджень ННЦ «ІЗ НААН» виявлено, що на чорноземах типових малогу-мусних у підзоні нестійкого зволоження Лівобережного Лісостепу 4-пільні сівозміни: горох – пшениця озима – кукурудза – ячмінь за мінеральної, органо-мінеральної та органічної систем удобрення забезпечували середню врожайність зернових у межах 6,25–7,64 т/га, збір з 1 га

ріллі: зерна – 6,25–7,64, корм. од. – 10,34–12,80, зерн. од. – 7,52–9,08 і перетравного протеїну – 0,80–0,94 т/га [9]. На фоні проведення полицево-безполицевого обробітку та застосування органо-мінеральної системи удобрення поліпшується поживний режим чорнозему типового в зерно-просапній сівозміні. За поєднання мінеральної системи удобрення з позакореневим підживленням посівів мікродобривами завдяки додатковому надходженню в ґрунт кореневих і поживних решток рослин відбулося зростання біологічної активності ґрунту на 8–15% порівняно з мінеральним фоном, підвищується ефективність використання поживних елементів із мінеральних добрив (у середньому на 26–30%). Сумісне застосування альтернативної органо-мінеральної системи удобрення (побічна продукція попередника, зелена маса сидератів), $\text{N}_{62}\text{P}_{60}\text{K}_{78}$ і мікродобрив забезпечує високий рівень продуктивності сівозміни: збір зерн. од. – 6,01–6,11 т/га, корм. од. – 10,2–10,3, перетравного протеїну – 0,76–0,77 т/га [10–12].

Матеріали та методи досліджень. Експериментальні дослідження проводили впродовж 2021–2024 рр. у стаціонарному польовому досліді відділу обробітку ґрунту і контролювання сегетальної рослинності ННЦ «ІЗ НААН», який розташований у північній частині Правобережного Лісостепу України. Ґрунт дослідної ділянки сірий лісовий крупнопилувато-легкосуглинковий за гранулометричним складом. Вміст гумусу (за Тюриним) – 1,20%, рухомих сполук P_2O_5 та K_2O (за Кірсановим) – 19,0 та 23,0 мг на 1 кг ґрунту, pH_{KCl} – 5,0. Агротехніка вирощування культур ланки сівозміни загальноприйнята для зони Лісостепу [5–6].

Типовою особливістю гранулометричного складу шару, що обробляється є високий вміст фракції крупного пилю – 53–63% і незначна кількість частинок мулу – 13–18%, що генетично зумовлює його високу рівноважну щільність – $1,50 \pm 0,1$ г/см³, тобто зменшує можливість повноцінної мінімізації обробітку.

Оновлена експериментальна короткочасна зернова сівозміна стаціонарного досліді має таке чергування культур: пшениця озима – просо – овес – соя, триблокову систему удобрення, яка включає природну родючість дослідного едатопу, біологізацію її завдяки використанню всієї побічної продукції попередників (5,0–6,0 т/га) в чистому вигляді, а також у композиції побічна продукція + $\text{N}_{65}\text{P}_{60}\text{K}_{70}$ на гектар посівної площі.

Сівозміна існує в часі, оскільки просторово задіяні два поля. Загальна площа ділянки 200 м², облікової 40–120 м², повторність досліді триразова

зі зміщено-послідовним розміщенням 13 пошукових варіантів у три яруси.

Технологічні операції з основного обробітку ґрунту здійснювали: оранку – лемішним плугом ПЛН-3-35; плоскорізний обробіток – плоскорізом-щільнорізом ПЩН-2,5; чизельний обробіток – чизелем-глибокорозпушувачем ПЧ-2,5; дисковий обробіток – дисковою бороною АГД-2,1, а передпосівний обробіток комбінованим ґрунтообробним агрегатом «Європак».

Облік урожаю та показники його структури – згідно з «Методикою державного сортовипробування сільськогосподарських культур» 2001р.). Якість зерна (ДСТУ 4117:2007) – методом спектроскопії на інфрачервоному аналізаторі NIR SYSTEMS 4500. Оцінку статистичної достовірності отриманих результатів досліджень, проведених за інтервальним відхиленням, показником стандартного відхилення (S) та коефіцієнтом варіації (V,%) з використанням ПК та програмного забезпечення «Статистика 6.1».

Результати та їх обговорення. В результаті проведених досліджень встановлено, що варіативність рівня врожайності зернових культур обумовлена різноюякісною пошаровою диференціацією ґрунтового профілю (0–45 см) за фізичними, хімічними та біологічними показниками родючості на багаторічних полицевих, безполицевих і комбінованих фонах основного обробітку за консолідованої взаємодії з системним удобренням, інтегрованим захистом рослин та почасті несприятливими метеоумовами.

Встановлено, що за усіх досліджуваних систем обробітку ґрунту пропорційне зростання передусім урожайності дослідних культур, як визначального критерію господарської ефективності, відбувалося у міру інтенсифікації агрофону: природна родючість > удобрення побічною продукцією 5,0–6,0 т/га > те саме + $N_{65}P_{60}K_{70}$ з розрахунку на 1 га сівозмінної площі.

Зокрема, врожайність пшениці озимої в середньому за 2021–2024 рр. за традиційної оранки (на 16–18 см) на фоні внесення побічної продукції попередника + $N_{65}P_{60}K_{70}$ становила 5,14 т/га, що перевищувало варіант без добрив на 1,44 т/га (табл. 1).

Застосування комбінованої системи обробітку ґрунту та органо-мінеральної системи удобрення в сівозміні, за проведення під пшеницю озиму, овес та сою дискування на глибину 10–12 см, а під просо глибоке чизелювання на глибину 40–42 см забезпечує врожайність пшениці озимої 5,11 т/га, що було на рівні оранки.

Найбільший урожай пшениці озимої отримали за використання адаптивної системи обробітку ґрунту, що становило за внесення лише побічної продукції 4,57 т/га, побічної продукції + $N_{90}P_{70}K_{80}$ – 5,31 т/га та на фоні без добрив – 3,83 т/га за рахунок проведення глибокого чизельного обробітку на 40–42 см під попередник пшениці озимої соя, що дає можливість забезпечити оптимальні показники агрофізичного стану ґрунту та накопичити найбільші запаси продуктивної вологи в ґрунті. Безпосередньо під пшеницю озиму проводили дисковий обробіток на глибину 10–12 см. Застосування лише дискового обробітку на глибину 10–12 см знижує врожайність пшениці озимої до 4,81, 4,12 і 3,40 т/га залежно від системи удобрення.

Використання побічної продукції попередника як добриво сприяє підвищенню рівня врожайності пшениці озимої. Так, за полицевого обробітку на контрольному варіанті маємо приріст урожаю +0,91 т/га, комбінованої системи – +0,53 т/га, порівняно із варіантом без добрив. За внесення побічної продукції попередника + $N_{90}P_{70}K_{80}$ найбільший приріст урожайності культури відмічено за використання полицевої різноглибинної та адаптивної систем обробітку: до +1,44 т/га, до +1,48 т/га відповідно, порівняно до варіанта без добрив.

За проведення трьохфакторного дисперсійного аналізу $7 \times 3 \times 2 \times 3$, де фактор А система обробітку ґрунту, фактор В система удобрення та С роки досліджень встановлено, що найбільший вплив на формування врожайності пшениці озимої мають варіанти удобрення 65,2% та система обробітку ґрунту 30,6% (рис. 1).

Встановлено, що локалізоване формування оптимальних агрофізичних, агрохімічних та біологічних показників родючості ґрунту у верхньому 0–12 см шарі, що обробляється, позитивно впливає на рівень врожайності вівса. Так, в середньому за 2021–2024 рр. урожайність вівса за плоскорізного обробітку (на 10–12 см) істотно не знижувалась і була на рівні 3,94 т/га проти 3,77 т/га на контрольному варіанті (оранка). Суттєвого зниження врожайності вівса не відмічаємо і за проведення дискового обробітку на глибину 10–12 см у системах адаптивного та комбінованого обробітків ґрунту – 4,40–4,42 т/га, що можна пояснити невибагливістю культури до обробітків та менш інтенсивною кореневою системою порівняно із пшеницею озимою.

Тому рослини вівса більше реагували на систему удобрення, ніж на обробіток ґрунту. Так, внесення

Таблиця 1. Урожайність культур короткоротаційної сівозміни за різних систем обробітку ґрунту та удобрення, середня за 2021–2024 рр.

Система обробітку ґрунту (фактор А)**	Удобрення (фактор В)*	Урожайність, т/га				
		пшениця озима	овес	просо	соя	середнє по сівозміні
Полицева різноглибинна: оранка на 16–18 см під пшеницю озиму, на 22–24 см під просо, на 28–30 см під сою, 10–12 см під овес (контроль)	а	3,70	2,76	2,50	2,24	2,80
	в	4,61	3,57	2,75	2,71	3,41
	с	5,14	3,77	3,50	3,26	3,92
Плоскорізна різноглибинна: на 16–18 см під пшеницю озиму, на 22–24 см під просо, на 10–12 см під овес, на 28–30 см під сою	а	3,42	2,98	2,29	2,01	2,68
	в	4,05	3,38	2,51	2,61	3,14
	с	4,62	3,94	2,89	2,99	3,61
Адаптивна (диференційована): дискування на 10–12 см пшеницю озиму та овес, оранка на 22–24 см під просо, чизельний на 40–42 см під сою	а	3,83	3,10	2,70	2,38	3,00
	в	4,57	3,77	3,02	2,81	3,54
	с	5,31	4,40	3,64	3,37	4,18
Мілка дискова, дискування на 10–12 см під усі культури сівозміни	а	3,40	3,05	2,20	2,00	2,66
	в	4,12	3,49	2,47	2,38	3,11
	с	4,81	4,01	2,99	2,81	3,65
Комбінована: дискування на 10–12 см під пшеницю озиму, овес та сою, чизельний на 40–42 см під просо	а	3,76	2,98	2,79	2,12	2,91
	в	4,31	3,66	3,12	2,55	3,41
	с	5,11	4,42	3,75	3,27	4,14
Поверхнева дискова, дискування на 6–8 см під усі культури сівозміни	а	2,80	2,44	1,66	1,76	2,16
	в	3,34	2,74	2,04	2,06	2,55
	с	4,14	3,92	2,43	2,44	3,23
НР _{0,05}		0,110	0,069	0,070	0,054	–
НР _{0,05} фактор А система обробітку		0,046	0,028	0,028	0,022	–
НР _{0,05} фактор В система удобрення		0,022	0,014	0,011	0,011	–
Точність дослідів, %		1,45	1,01	1,36	1,09	–

Примітка. * а – без добрив (природна родючість); в – внесення побічної продукції попередника 5,0–6,0 т/га; с – внесення побічної продукції попередника 5,0–6,0 т/га + N₆₅P₆₀K₇₀.

побічної продукції за мілкої оранки на глибину 10–12 см сприяло підвищення врожайності вівса на 0,81 т/га, порівняно без внесення добрив. Водночас за плоскорізного обробітку приріст урожаю за

внесення побічної продукції становив лише 0,40 т/га, що можна пояснити кращим переміщенням соломи попередника (пшениці озимої) за мілкою полицевого обробітку.

За проведення дисперсійного аналізу встановлено, що найбільший вплив на формування врожайності вівса мають варіанти удобрення 50,7% та погодні умови в роки проведення досліджень – 32,0%. Водночас система обробітку ґрунту мали вплив на формування урожайності вівса в межах 11,9% (рис. 2).

У середньому за 2021–2024 рр. урожайність проса у варіантах без внесення добрив залишалась на низькому рівні як за різноглибинної оранки за полицевої та адаптивної систем обробітку – 2,50 та 2,70 т/га відповідно, дискування на глибину 10–12 – 2,20 т/га та найменше за дискування на 6–8 см – 1,66 т/га. На удобрених варіантах найвищий рівень урожайності проса відмічено за полицевої та адаптивної систем обробітку (оранка на 22–24 см) – 3,50 і 3,64 т/га відповідно. Водночас за використання глибокого чизельного обробітку на 40–42 см отримано найвищу

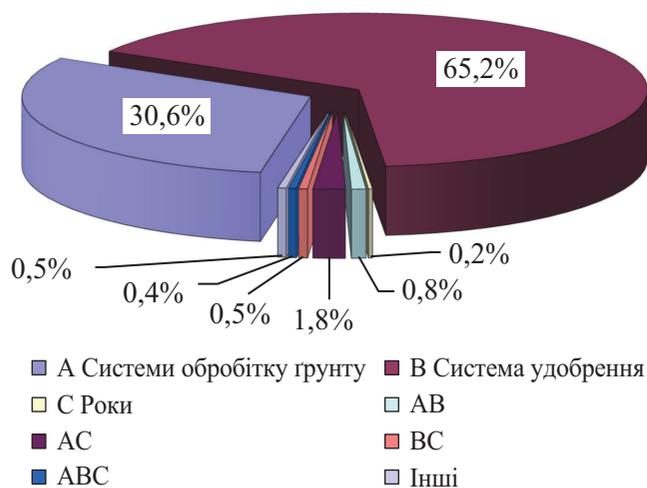


Рис. 1. Частка впливу факторів на врожайність пшениці озимої залежно від системи обробітку ґрунту та удобрення, 2021–2024 рр.

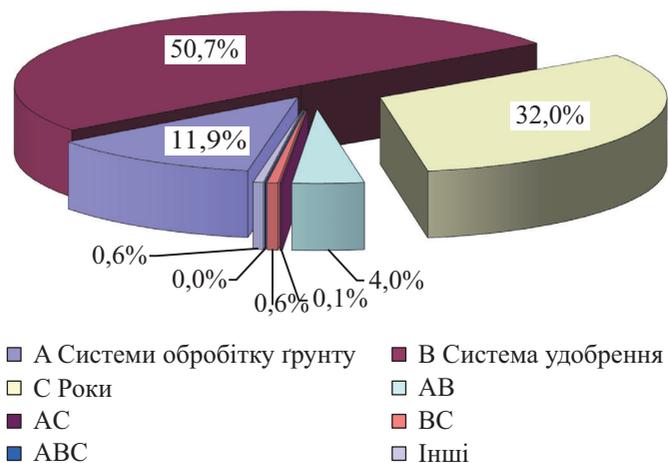


Рис. 2. Частка впливу факторів на врожайність вієса залежно від системи обробітку ґрунту та удобрення, 2021–2024 рр.

врожайність проса 3,75 т/га, що можна пояснити кращим розвитком кореневої систем за рахунок глибокого розпушення ґрунту. Плоскорізний обробіток на 22–24 см зумовив зниження врожайності проса на 0,68 і 0,61 т/га порівняно із контрольним варіантом. Аналогічно мілке дискування на глибину 10–12 см знижує врожайність проса до – 2,65 т/га, а найменша врожайність відмічена на фоні проведення поверхневого дискового обробітку (на 6–8 см) – 2,43 т/га.

За проведення дисперсійного аналізу встановлено, що найбільший вплив на формування врожайності проса мають система обробітку ґрунту – 44,2%, варіанти удобрення – 33,9% та погодні умови в роки проведення досліджень – 13,9 %. Взаємодія фактора система обробітку ґрунту та погодні умови мали вплив на формування врожайності проса в межах 5,6% (рис. 3).

У середньому за 2021–2024 рр. урожайність сої зростала за внесення побічної продукції попередника + $N_{40}P_{50}K_{60}$, що перевищувало варіант без добрив на фоні оранки (22–24 см) на +1,02 т/га, або в 1,45 і 1,55 рази. Подібно істотно зростала врожайність сої за плоскорізного обробітку ґрунту на фоні внесення побічної продукції попередника + $N_{40}P_{50}K_{60}$ на +0,98 т/га, чизельного на 40–42 см у системі адаптивного обробітку на +0,99 т/га, менше за дискування на глибину 10–12 см на +0,81 т/га.

Виявлено, що соя виявилася індіферентною до пошарової неоднорідності родючості ґрунту, зважаючи на формування досить високих урожаїв зерна, але за обов'язкового забезпечення біологічно необхідної для культури глибини зяблевого обробітку в межах 22–42 см будь-то чизельний, звичайний плуг,

чи плоскоріз-глибокорозпушувач. Так, найвищу врожайність отримано у варіанті адаптивного (диференційованого) основного обробітку – чизелювання (40–42 см), знову ж таки за удобрення та інтегрованої системи захисту, що становило 3,37 т/га. Натомість поверхневе дискове розпушення на глибину 6–8 см веде до зниження рівня врожайності культури до 2,44 т/га, що було менше порівняно до контролю на 0,58 т/га.

Удобрення власне побічною продукцією попередника сприяє підвищенню рівня врожайності сої за полицевого обробітку на 28,9%; плоскорізного – на 29,9 %, дискового – на 13,9–20,3% порівняно із варіантом без добрив, що пов'язано із здатністю рослини сої фіксувати вільний азот із ґрунту. За дискування на глибину 10–12 і 6–8 см під всі культури сівозміни знижується врожайність сої до 2,38 і 2,06 т/га відповідно.

Виявлена різниця врожайності зерна сої на рівні 0,93 т/га (+38,1 %) з-поміж найкращим варіантом комбінованого обробітку в сівозміні (3,37 т/га) та відносно гіршим за щорічного поверхневого дискування на глибину 6–8 см (2,44 т/га) навіть за умови оптимізованого органо-мінерального живлення рослин є вагомим аргументом доречності застосування адаптивних систем (технологій) основного обробітку ґрунту.

За проведення дисперсійного аналізу встановлено, що найбільший вплив на формування врожайності сої мають варіанти удобрення 60,6%, система обробітку ґрунту – 25,8% та погодні умови в роки проведення досліджень – 9,0% (рис. 4).

Найвищий збір зерна в короткоротаційній сівозміні отримано за використання адаптивної системи

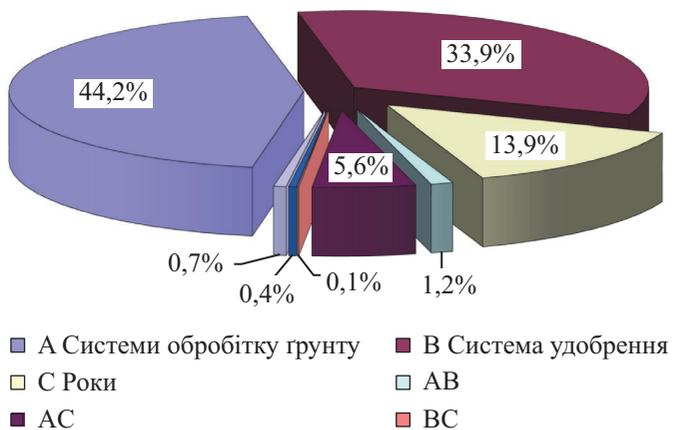


Рис. 3. Частка впливу факторів на продуктивність проса залежно від способу обробітку ґрунту та системи удобрення, 2021–2024 рр.

обробітку ґрунту – 4,18 т/га на фоні внесення побічної продукції попередника + $N_{65}P_{60}K_{70}$, 3,54 т/га – лише за внесення побічної продукції попередника та 3,0 т/га – на фоні без добрив, що перевищувало контроль на 0,26, 0,13 та 0,20 т/га відповідно (табл. 1). За цього варіанта в сівозміні створюються найбільш сприятливі умови вологонакопичення в ґрунті, враховані біологічні вимоги кожної культури до глибини і способу проведення обробітку ґрунту.

Подібно до врожайності культур сівозміни, встановлено пропорційне зростання виходу зернових одиниць, як визначального критерію оцінювання господарської ефективності, в міру інтенсифікації агрофону. Так, у середньому за 2021–2024 рр. на неудобрених варіантах кількість зернових одиниць (з. од.) залежно від систем основного обробітку ґрунту була на рівні 3,27–3,73 т/га (лише за поверхневого дисково-го на глибину 6–8 см знижувалась до 2,69 т/га з. од.).

Водночас у варіантах біологічної системи удобрення кількість зернових одиниць зростала до 4,24 т/га з. од., або +21,5% за полицевого різноглибинного обробітку, до 4,40 т/га з. од., або 18,0% – адаптивна (диференційована) система та 4,20 т/га з. од., або 17,3% – за комбінованої системи обробітку ґрунту.

Таблиця 2. Продуктивність зернової сівозміни за різних систем обробітку ґрунту та удобрення, середнє 2021–2024 рр.

Система обробітку ґрунту (фактор А)**	Удобрення (фактор В)*	Зернових одиниць, т/га	Кормових одиниць, т/га	Перетравного протеїну, т/га
Полицева різноглибинна: <i>оранка на 16–18 см під пшеницю озиму, на 22–24 см під просо, на 28–30 см під сою, 10–12 см під овес</i> (контроль)	а	3,49	3,94	0,45
	в	4,24	4,55	0,54
	с	4,92	5,36	0,63
Плоскорізна різноглибинна: <i>на 16–18 см під пшеницю озиму, на 22–24 см під просо, на 10–12 см під овес, на 28–30 см під сою</i>	а	3,29	3,64	0,42
	в	3,92	4,40	0,50
	с	4,51	5,16	0,58
Адаптивна (диференційована): <i>дискування на 10–12 см пшеницю озиму та овес, оранка на 22–24 см під просо, чизельний на 40–42 см під сою</i>	а	3,73	3,65	0,48
	в	4,40	4,45	0,56
	с	5,21	5,28	0,67
Мілка дискова, <i>дискування на 10–12 см під усі культури сівозміни</i>	а	3,27	3,85	0,42
	в	3,84	4,45	0,49
	с	4,51	5,26	0,57
Комбінована: <i>дискування на 10–12 см під пшеницю озиму, овес та сою, чизельний на 40–42 см під просо</i>	а	3,58	3,94	0,45
	в	4,20	4,55	0,53
	с	5,14	5,36	0,66
Поверхнева дискова, <i>дискування на 6–8 см під усі культури сівозміни</i>	а	2,69	3,25	0,35
	в	3,17	3,83	0,41
	с	3,96	4,84	0,51

Примітка. * а – без добрив (природна родючість); в – внесення побічної продукції попередника 5,0–6,0 т/га; с – внесення побічної продукції попередника 5,0–6,0 т/га + $N_{65}P_{60}K_{70}$.

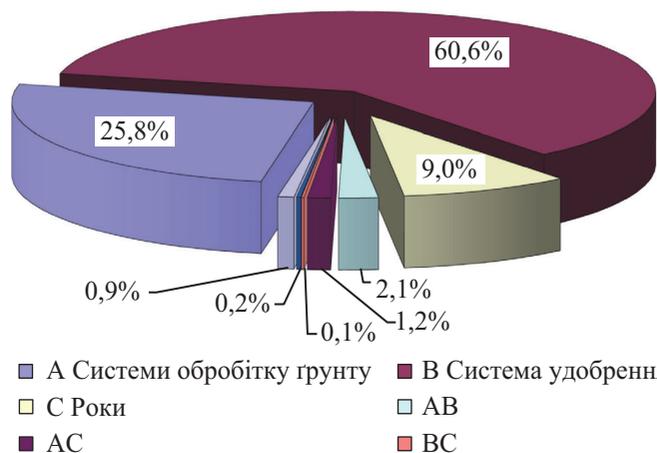


Рис. 4. Частка впливу факторів на врожайність сої залежно від способу обробітку ґрунту та системи удобрення, 2021–2024 рр.

В осучаснених моделях комбінованого органо-мінерального удобрення (побічна продукція + $N_{65}P_{60}K_{70}$ на 1 га сівозмінної площі) найбільший збір зернових одиниць (5,21 т/га) відмічено за використання в короткоротаційній сівозміні адаптивної (диференційованої) системи обробітку ґрунту. За комбінованого вологоощадного обробітку ґрунту кількість зернових одиниць становила 5,14 т/га. Найнижчий рівень продуктивності дослідної зернової сівозміни

отримано за щорічного поверхневого дискового обробітку на глибину 6–8 см 3,96 т/га з. од., або менше на 24,2% від контрольного варіанта.

Отже, активована системними обробітками комплементарність агрофізичного, агрохімічного, біологічного та фітосанітарного станів ґрунту в дослідних агроценозах забезпечує (залежно від агрофону) зростання природного біопотенціалу гектара ріллі в 1,3–1,5 рази та можливість накопичення запасів продуктивної вологи ґрунту за вологоощадних моделей обробітку ґрунту.

Кількість кормових одиниць (к. од.), що більше визначає енергетичну цінність культур сівозміни більше залежала від фонів удобрення, ніж від систем основного обробітку ґрунту. Так, за 2021–2024 рр. кількість кормових одиниць у сівозміни без внесення добрив за різноглибинного полицевого, плоскорізного, адаптованого та комбінованого обробітків була на рівні 3,64–3,94 т/га к. од. Водночас за внесення побічної продукції вихід кормових одиниць з 1 га сівозмінної площі зростає за даних систем обробітку до 4,40–4,55 т/га к. од., або на 15,5–20,9%.

На фоні внесення побічної продукції + $N_{65}P_{60}K_{70}$ на 1 га сівозмінної площі збір кормових одиниць зростає до 5,36 т/га к. од. у варіантах різноглибинної полицевої оранки та комбінованого обробітку. Водночас дисковий обробіток на глибину 6–8 см зумовлює найбільше зниження збору кормових одиниць до 4,84 т/га.

Кількість перетравного протеїну зростала за внесення побічної продукції + $N_{65}P_{60}K_{70}$ до 0,63–0,67 т/га за адаптивної (диференційованій), різноглибинної по-

лицевої та комбінованої систем основного обробітку ґрунту. Водночас, тривале застосування: різноглибинного плоскорізного, мілкого, і особливо поверхневого дискового обробітків, призводить до істотного зменшення (–8,6–23,5%) збору перетравного протеїну до 0,51–0,58 т/га порівняно із контрольним варіантом.

Висновки

Встановлено, що варіативність рівня врожайності зернових культур обумовлена різноякісною пошаровою диференціацією ґрунтового профілю (0–42 см) за фізичними, хімічними та біологічними показниками родючості на багаторічних полицевих, безполицевих та комбінованих фонах основного обробітку за консолідованої взаємодії з системним удобренням, інтегрованим захистом рослин та почасти несприятливими метеоумовами.

За усіх досліджуваних систем обробітку ґрунту відмічено пропорційне зростання передусім урожайності культур короткоротаційної сівозміни, як визначального критерію господарської ефективності, у міру інтенсифікації агрофону: природна родючість > удобрення побічною продукцією 5,0–6,0 т/га > те саме + $N_{65}P_{60}K_{70}$ з розрахунку на 1 га сівозмінної площі.

Найвищий рівень продуктивності короткоротаційної зернової сівозміни забезпечують диференційована та комбінована системи основного обробітку ґрунту (5,21 та 5,14 т/га з.од.), що на 5,6 та 4,3% переважає рівень полицевого аналога. Натомість щорічні безполицеві обробітки: плоскорізний, мілке дискування (10–12 см), і передусім поверхневе дискування (6–8 см), зумовили істотне зменшення (на 8,3–19,5%) даного показника до 4,51–3,96 т/га з.од.

ЛІТЕРАТУРА

1. Khangura R., Ferris D., Wagg C., & Bowyer J. Regenerative Agriculture – A Literature Review on the Practices and Mechanisms Used to Improve Soil Health. *Sustainability*. 2023. Vol. 15(3). P. 2338. doi:10.3390/su15032338.
2. Bronika T., & Roji D. A review on tillage system and no-till agriculture and its impact on soil health. *Archives of Agriculture and Environmental Science*. 2024. Vol. 9(3). doi:10.26832/24566632.2024.0903028.
3. Tanchyk S., Litvinov D., & Sinchenko V. Influence of depending on tillage on agrophysical parameters of chernozem typical in the right-bank forest-steppe of Ukraine. *Plant and Soil Science*. 2019. Vol. 10(1). doi:10.31548/agr2019.01.041.
4. Мельничук А.О., Савчук О.І, Кочик Г.М., Гуреля В.В. Продуктивність короткоротаційних сівозмін на осушуваних ґрунтах зони Полісся. *Вісник аграрної науки*. 2020. № 7(808). С. 67–73. doi:10.31073/agrovisnyk202007.
5. Методика польових досліджень з обробітку ґрунту / Малієнко А.М., Коломієць М.В., Брухаль Ф.Й., Пташник М.М., Красюк Л.М., Заяць П.С. Вінниця: ТОВ «Твори», 2020. 84 с.
6. Методика біологічних та агрохімічних досліджень рослин і ґрунтів: метод. рекомендації / З.М. Грицаєнко, А.О. Грицаєнко, В.П. Карпенко. Київ: ЗАТ «Нічлава», 2003. 30 с.
7. Тараріко Ю.О., Несмашна О.Ю., Грищенко Л.Д. Біоенергетична оцінка систем землеробства

і технологій вирощування сільськогосподарського виробництва. Київ: Наукова думка, 2005. 199 с.

8. Jordon M.W., Smith P., Long P.R., Bürkner P.C., Petrokofsky G., Willis K.J. Can Regenerative Agriculture increase national soil carbon stocks? Simulated country-scale adoption of reduced tillage, cover cropping, and ley-arable integration using RothC. *The Science of The Total Environment*. 2022. Vol. 825(5). P. 153955. doi:10.1016/j.scitotenv.2022.153955.
9. 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:10.31073/agrovisnyk20210301.
10. Мельничук А.О., Кучер Г.А., Савчук О.І., Кочик Г.М., Гуреля В.В., Ковальов В.Б. Оптимізація живлення культур в інтенсивній короткоротаційній сівозміні на дерново-середньопідзолистих ґрунтах Полісся. *Вісник аграрної науки*. 2021. Вип. 11. С. 17–25. doi:10.31073/agrovisnyk202111.
11. Рижук С., Савчук О., Приймачук Т., Кошицька Н., Меша К. Урожайність пшениці озимої в умовах дефіциту вологи на дерново-підзолистому ґрунті. *Вісник аграрної науки*. 2023. Вип. 101 (3). С.21-2. doi:10.31073/agrovisnyk202303.
12. Бойко П.І., Літвінов Д.В., Цимбал Я.С. Принципи розроблення систем різноротаційних сівозмін в Україні. *Зб. наук. праць ННЦ «Інститут землеробства НААН»*. 2018. Вип. 1. С. 3–14.

REFERENCES

1. Khangura R., Ferris D., Wagg C., & Bowyer J. (2023). Regenerative Agriculture – A Literature Review on the Practices and Mechanisms Used to Improve Soil Health. *Sustainability*, 15(3), 2338. doi:10.3390/su15032338 [in English].
2. Bronika T., & Roji D. (2024). A review on tillage system and no-till agriculture and its impact on soil health. *Archives of Agriculture and Environmental Science*, 9(3). doi:10.26832/24566632.2024.0903028 [in English].
3. Tanchyk S., Litvinov D., & Sinchenko V. (2019). Influence of depending on tillage on agrophysical parameters of chernozem typical in the right-bank forest-steppe of Ukraine. *Plant and Soil Science*, 10(1). doi:10.31548/agr2019.01.041 [in English].
4. Melnychuk A.O., Kucher H.A., Savchuk O.I., Kochyk H.M., Hurelia V.V., Kovalov V.B. (2021). Optyimizatsiia zhyvlennia kultur v intensyvnii korotkorotatsiinii sivozmini na dernovo-serednopidzolystrykh hruntakh Polissia [Optimization of crop nutrition in intensive short-rotation crop rotation on sod-medium podzolic soils of Polissya]. *Visnyk ahrarnoi nauky*, 11, 17–25. doi:10.31073/agrovisnyk202111 [in Ukrainian].
5. Metodyka polovykh doslidzhen z obrobtku hruntu. (2020). [Methods of field research on soil cultivation]. Maliienko A.M., Kolomiets M.V., Brukhal F.Y., Ptashnik M.M., Krasiuk L.M., Zaiats P.S. Vinnytsia: TOV «Tvory». P. 84 [in Ukrainian].
6. Metodyka biolohichnykh ta ahrokhimichnykh doslidzhen roslyn i hruntiv: metod. rekomend. (2003). [Methods of biological and agrochemical research of plants and soils: method]. Z.M. Hrytsaienko, A.O. Hrytsaienko, V.P. Karpenko. – Kyiv: ZAT «Nichlava». P. 30 [in Ukrainian].
7. Tarariko Yu.O., Nesmashna O.Yu., Hryshchenko L.D. (2005). Bioenerhetychna otsinka system zemlerobstva i tekhnolohii vyroshchuvannia silskohospodarskoho vyrobnytstva [Bioenergetic assessment of farming systems and technologies of agricultural production]. Kyiv: Naukova dumka. P. 199 [in Ukrainian].
8. Jordon M.W., Smith P., Long P.R., Bürkner P.C., Petrokofsky G., Willis K.J. (2022). Can Regenerative Agriculture increase national soil carbon stocks? Simulated country-scale adoption of reduced tillage, cover cropping, and ley-arable integration using RothC. *The Science of The Total Environment*, 825(5), 153955. doi:10.1016/j.scitotenv.2022.153955.
9. Boiko P.I., Martyniuk I.V., Tsymbal Ya.S. (2021). Stanovlennia sivozminnykh pryntsyypiv u systemakh zemlerobstva [Formation of crop rotation principles in farming systems]. *Visnyk ahrarnoi nauky*, 3(816), 5–13. doi:10.31073/agrovisnyk20210301 [in Ukrainian].
10. Melnychuk A.O., Kucher H.A., Savchuk O.I., Kochyk H.M., Hurelia V.V., Kovalov V.B. (2021). Optyimizatsiia zhyvlennia kultur v intensyvnii korotkorotatsiinii sivozmini na dernovo-serednopidzolystrykh hruntakh Polissia [Optimization of crop nutrition in intensive short-rotation crop rotation on sod-medium podzolic soils of Polissya]. *Visnyk ahrarnoi nauky*, 11, 17–25. doi:10.31073/agrovisnyk202111 [in Ukrainian].
11. Ryzhuk S., Savchuk O., Prymachuk T., Koshytska N., Mesha K. (2023). Urozhainist pshenytsi ozymoi v umovakh defitsytu volohy na dernovo-pidzolystomu gruntі [Yield of winter wheat under conditions of moisture deficit on sod-podzolic soil]. *Visnyk*

ahrranoi nauky, 101 (3), 21-2. doi:10.31073/agrovisnyk202303 [in Ukrainian].

12. Boiko P.I., Litvinov D.V., Tsymbal Ya.S. (2018) Pryntsypy rozroblennia system riznorotatsiinykh

sivozmin v Ukraini [Principles of development of systems of different rotations of crops in Ukraine]. *Zb. nauk. prats NNTs «Instytut zemlerobstva NAAN»*, 1, 3–14 [in Ukrainian].

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

Features of formation of yield and productivity of short-rotation grain crop rotation crops in renewable agriculture

Aim. To investigate the features of the formation of crop yield and productivity of short-rotation grain crop rotation crops depending on soil cultivation systems under renewable agriculture and to develop effective agrotechnological measures to increase the productivity and sustainability of agroecosystems and preserve soil fertility.

Methods. field, statistical, laboratory. **Results.** The influence of various main tillage and fertilization systems on the formation of crop yield and productivity in short-rotation grain crop rotation under renewable agriculture of the Forest-Steppe was established. Research in 2021–2024 showed that the yield of grain crops largely depends on the combination of soil cultivation methods, fertilization levels, and weather conditions. The highest yield of winter wheat (5.31 t/ha) and soybeans (3.37 t/ha) was obtained under adaptive tillage and organic-mineral fertilization system (by-products + $N_{65P60K70}$ per hectare of crop rotation area). The highest yield of oats and millet was provided by adaptive and combined systems of main tillage under organic-mineral fertilization system at the level of 4.40–4.42 and 3.64–3.75 t/ha, respectively. It was found that fertilization with by-products and mineral fertilizers increases the yield of short-rotation crops by 35.1–54.2% under all tillage systems. **Conclusions.** The use of differentiated and combined systems of main tillage ensured the formation of the highest level of productivity of short-rotation grain crop rotation - 5.21 and 5.14 t/ha of arable land, respectively, which is 5.6 and 4.3% higher than the level of productivity under the shelf-based variable-depth system (control). In contrast, annual shelf-free tillage: flat-cutting, shallow disking (10–12 cm), and primarily surface disking (6–8 cm), caused a significant decrease (by 8.3–19.5%) of this indicator to 4.51–3.96 t/ha of arable land.

Key words: disc cultivation, plowing, flat-cut cultivation, by-products, mineral fertilizers, chisel cultivation.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

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

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

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

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

Цимбал Я.С., кандидат сільськогосподарських наук, Національний науковий центр «Інститут землеробства НААН», e-mail: tsymbal.ya@gmail.com, тел. 097 724 53 30, ORCID: 0000-0002-0414-885X.

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

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

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

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

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

Tsymbal Ya.S., candidate of agricultural sciences, National Scientific Center «Institute of Agriculture of the National Academy of Sciences», e-mail: tsymbal.ya@gmail.com, ORCID: 0000-0002-0414-885X.

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

Надійшла 18.12.2024

МОДЕЛЮВАННЯ СИРОВИННОГО КОНВЕЄРА НАДХОДЖЕННЯ КОРМІВ В УМОВАХ ЛІСОСТЕПУ ЗАХІДНОГО

І.І. Сенік¹, Л.М. Красюк², Т.В. Шевченко³, Г.П. Сидорук⁴, Н.В. Карасевич⁵

¹Західноукраїнський національний університет (м. Тернопіль, Україна)

²ННЦ «ІЗ НААН» (с-ще Чабани, Україна)

³ Національна академія аграрних наук (м. Київ, Україна)

⁴ Тернопільська державна сільськогосподарська дослідна станція

Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН (м. Тернопіль, Україна)

⁵Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН (с. Оброшине, Україна)

Мета. Дослідження процесів формування кормової продуктивності однорічних та багаторічних бобово-злакових травосумішок, виявлення кращих варіантів та проектування на їх основі конвеєрного надходження високоякісних кормів. **Методи.** Польовий, розрахунково-порівняльний, моделювання. **Результати.** На основі проведених польових досліджень підібрано кращі варіанти для конвеєрного надходження сировини для заготівлі високоякісних кормів для тваринництва. Так, проміжні посіви жита озимого гібридного забезпечують вихід 8,86 т/га сухої речовини та 7,40 т/га кормових одиниць, а травосумішки горошку паннонського з тритикале озимим – відповідно 6,64 і 5,09 т/га. П'ятиразове відчуження вегетативної маси травосумішки, що складається із лядвенцю рогатого, костриці очеретяної, люцерни посівної, пажитниці багаторічної, стоколосу безостого, яке проводиться у фазі трубкування злаків ВВСН 31–33, гілкування бобових ВВСН 31–33, гарантує надходження сировини для заготівлі кормів у період із III декади квітня до I декади жовтня. Вихід сухої речовини з одиниці площі (1 га) при цьому становить 6,42 т, а кормових одиниць 5,39 т. Травосумішки із люцерни посівної сорту Синюха, пирію середнього сорту Хорс та костриці очеретяної сорту Людмила забезпечують вихід сухої речовини в межах 10,26 т/га та кормових одиниць 8,58 т/га. **Висновки.** Запропонована модель сировинного конвеєра надходження кормів, дає можливість забезпечити галузь скотарства високоякісними зеленими кормами у весняно-осінній період та є базою для заготівлі сіна та сінажу. Завдяки розробленим технологічним заходам вирощування однорічних та багаторічних бобово-злакових травосумішок, а також правильному підбору компонентів, період надходження вирощеної продукції триває із III декади квітня до I декади жовтня.

Ключові слова: бобово-злакові травосумішки, жито озиме, тритикале озиме, горошок паннонський.

Вступ. У складних реаліях сьогодення, спричинених повномасштабною війною, однією із небагатьох галузей економіки, яка забезпечує державний бюджет валютними надходженнями є сільське господарство [2; 11]. Так, у період до повномасштабного вторгнення, відсоток сільськогосподарської продукції у валовому експорті продукції знаходився на рівні 41%, а в першій половині 2023 р. зазначений показник збільшився до 61% [3; 20].

Крім того, на аграрне виробництво покладається основна роль у вирішенні продовольчої кризи в країні спричиненої збройною агресією [4; 19], оскільки, основним показником рівня соціального життя населення є ступінь забезпечення його харчовими продуктами. До того ж особливо важливу роль відіграє галузь тваринництва [8].

Однак, на сьогодні за величиною споживання тваринницької продукції, Україна відстає від інших

високорозвинутих країн та при цьому імпортує від них значну кількість м'ясо-молочних виробів [9].

У відродженні галузі тваринництва вагома роль належатиме кормовиробництву, оскільки воно є основою для зростання чисельності поголів'я великої рогатої худоби та підвищення його продуктивності [13; 15]. В цьому контексті, надзвичайно важливе значення приділяється питанню вирощування сумішок однорічних та багаторічних трав, а також їх одновидовим посівам [6; 14; 16].

Однак, враховуючи їх різні біологічні особливості, сезонну динаміку наростання біомаси, важливим питанням є безперервне надходження рослинних кормів, чи сировини для їх заготівлі [19].

Сучасний видовий та сортовий склад однорічних та багаторічних трав, а також розроблені технологічні заходи їх вирощування, дають змогу спроектувати конвеєрне надходження вегетативної маси впродовж максимального періоду – від кінця квітня і до початку жовтня.

Основними багаторічними бобовими культурами, які використовуються для створення травосумішок є конюшина лучна, люцерна посівна, лядвенець рогатий, а злаковими – костриця лучна, стоколос безостий, пажитниця багаторічна.

Мета. Дослідження процесів формування кормової продуктивності однорічних та багаторічних бобово-злакових травосумішок, виявлення кращих варіантів та проектування на їх основі конвеєрного надходження високоякісних кормів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Останніми роками і наразі науковцями проведено багато агротехнологічних дослідів та розроблено заходи із вирощування одно- та багаторічних кормових трав, що передбачають застосування мінеральних добрив, мікробіологічних препаратів, стимуляторів росту рослин, оптимізацію строків скошування [1; 2; 5; 7; 12; 14; 17].

В умовах Західного Лісостепу проблематикою лучного та польового кормовиробництва займалися багато науковців, проте недостатньо вивчене питання формування кормової продуктивності одно- та багаторічних бобово-злакових травосумішок у контексті проектування на їх основі конвеєрного надходження високоякісних кормів. Це і визначило мету наших досліджень.

Матеріали та методи досліджень. Дослідження із вивчення питання конвеєрного виробництва кормів проводилися відповідно до тематичних планів

Тернопільської державної сільськогосподарської дослідної станції Інституту кормів та сільського господарства Поділля НААН, Тернопільської дослідної станції Інституту ІВМ НААН та Західноукраїнського національного університету у 2014–2023 рр.

Польові досліді проводилися на типових ґрунтах Західного Лісостепу – темно-сірих опідзолених середньосуглинкових, чорноземах опідзолених середньосуглинкових. В орному шарі ґрунту вміст гумусу (за Тюриним) становив 3,05–3,20%, легкогідролізованого нітрогену (за Корнфілдом) – 101–123 мг/кг ґрунту, рухомого фосфору (за Чириковим) – 118–130 мг/кг, обмінного калію (за Чириковим) – 122–132 мг/кг ґрунту, $pH_{\text{сол.}}$ 6,5.

Польові дослідження здійснювалися відповідно до загальноприйнятих методик із кормовиробництва та лувівництва [10].

Результати та їх обговорення. На основі проведених багаторічних досліджень нами виявлено та статистично підтверджено на 5% рівні значимості, найбільш продуктивні варіанти, які відзначаються найвищими якісними показниками та енергетичною і економічною ефективністю (табл. 1).

Серед варіантів досліді із вивчення кормової продуктивності жита озимого, найвищими показниками техніко-економічної ефективності, відзначився варіант, в якому гібрид Прокас F1 в одновидовому посіві висівався в першій декаді вересня. Вихід сухої речовини при цьому становив 8,86 т/га, а кормових одиниць – 7,40 т/га.

Травосумішка із горошку паннонського 2,5 млн/га та тритикале озимого 25%, за застосування для обробки насіння бобового компонента гумінового добрива з рістстимулювальними властивостями Лігногумат, сприяла формуванню продуктивності посіву за сухою речовиною на рівні 6,64 т/га та кормових одиниць 5,09 т/га.

Відчуження травосумішки, до складу якої входили лядвенець рогатий, люцерна посівна, стоколос безостий, пажитниця багаторічна, костриця очеретяна, фазі ВВСН31–33 для злаків, гілкування бобових ВВСН 31–33 забезпечило продуктивність посіву на рівні 6,42 т/га сухої речовини та 5,39 т/га кормових одиниць.

Нашими дослідженнями встановлено, що оптимальною нормою висіву люцерни посівної сорту Синюха в сумішці із злаковими компонентами (кострицею очеретяною та пирієм середнім) є 10 млн/га схожих насінин. Продуктивність такого агроценозу

Таблиця 1. Продуктивність однорічних та багаторічних кормових культур сировинного конвеєра

Кращі варіанти дослідів	Вихід з 1 га	
	сухої речовини, т	кормових одиниць, т
Жито озиме гібридне Прогас F1 (одновидовий посів)	8,86	7,40
Горошок паннонський 2,5 млн/га + тритикале озиме 25% обробка насіння бобового компонента гуміновим добривом з властивостями стимулятора росту Лігногумат	6,64	5,09
Люцерна посівна, костриця очеретяна, лядвенець рогатий, пажитниця багаторічна, стоколос безостий (скошування у фазі трубкування злаків ВВСН31–33, гілкування бобових ВВСН 31–33)	6,42	5,39
Люцерна посівна Синюха (10 млн/га сх. насінин) + пирій середній Хорс + костриця очеретяна Людмила	10,26	8,58

за сухою речовиною сягала 10,26 т/га, а за виходом кормових одиниць 8,58 т/га.

На основі кращих варіантів проведених нами дослідів, нами розроблено модель сировинного конвеєра, яка сприятиме ефективній організації заготівлі кормів та забезпечення ними галузі тваринництва (табл. 2). Цією моделлю передбачено надходження високоякісної рослинної сировини для заготівлі кормів. Основою цього конвеєра є найбільш продуктивні однорічні та багаторічні травосумішки різного фітоценотичного складу, які дають змогу

сільськогосподарським товаровиробникам заготовляти повноцінні корми із високими показниками якості, створюючи при цьому передумови для успішного розвитку галузі тваринництва та відповідно забезпечуючи населення нашої країни харчовими продуктами – молоком та м'ясом.

Нашими дослідженнями визначено, що укісна стиглість жита озимого гібридного Прогас F1, залежно від агрометеорологічних умов вегетаційного періоду в зоні проведення досліджень припадала на III декаду квітня – початок I декади травня. Дещо

Таблиця 2. Графічна модель надходження кормів в сировинному конвеєрі

Культури	Місяці															
	квітень		травень		червень		липень		серпень		вересень		жовтень			
	декади															
	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	
Жито озиме гібридне Прогас F1 (одновидовий посів)																
Горошок паннонський 2,5 млн/га + тритикале озиме 25% обробка насіння бобового компонента гуміновим добривом з рістстимулюючими властивостями Лігногумат																
Люцерна посівна, костриця очеретяна, стоколос безостий, пажитниця багаторічна, лядвенець рогатий (скошування у фазі трубкування злаків ВВСН) 31–33, гілкування бобових ВВСН 31–33)																
Люцерна посівна Синюха (10 млн/га сх. насінин) + пирій середній Хорс + костриця очеретяна Людмила																

пізніше (I–II декада травня) проводилося скошування травосумішки, до складу якої входив горошок паннонський із тритикале озимим.

П'ятискладова бобово-злакова травосумішка, компонентами якої були такі високопродуктивні види, як костриця очеретяна, пажитниця багаторічна, люцерна посівна, стоколос безостий, лядвенець рогатий за відчуження першого укусу у фазі виходу в трубку злакових компонентів та гілкування бобових видів, може забезпечити надходження сировини для заготівлі кормів у III декаді квітня – I декаді травня. Крім того, система удобрення цієї травосумішки полягала у застосуванні $N_{60}P_{60}K_{60}$, а нітроген вносився у формі нітрату амонію.

Заготівля кормів із першого укусу трьохкомпонентної бобово-злакової травосумішки, до складу якої входили такі посухостійкі види, як люцерна посівна сорту Синюха, пирій середній сорту Хорс та костриця очеретяна Людмила, згідно з результатами наших досліджень, здійснювалося у II–III декаді травня.

Трубкування злаків та гілкування бобових трав у сумішки, до складу якої входили костриця очеретяна, пажитниця багаторічна, люцерна посівна, стоколос безостий, лядвенець рогатий, і відповідно відчуження другого укусу проводилося у I–II декаді червня.

Заготівля кормів із другого укусу трикомпонентної травосумішки, до складу якої входили люцерна посівна сорту Синюха (10 млн/га схожих насінин), пирій середній сорту Хорс та костриця очеретяна сорту Людмила наступала наприкінці червня – на початку липня залежно від погодних умов вегетаційного періоду.

Третій укіс багатоконпонентної сумішки, до складу якої входили лядвенець рогатий, костриця очеретяна, стоколос безостий, люцерна посівна, пажитниця багаторічна відбувався у II–III декаді липня. В цей час злакові компоненти агрофітоценозу перебували у фазі виходу в трубку, а бобові – у фазі гілкування.

Підвищений температурний режим серпня у роки проведення досліджень, спричинив пришвидшення

темтів розвитку багаторічних трав, при тому що вегетативний ріст рослин був сповільнений. Зважаючи на це, заготівля кормів із четвертого укусу бобово-злакового агрофітоценозу (лядвенець рогатий, люцерна посівна, стоколос безостий, костриця очеретяна, пажитниця багаторічна) наступала у II–III декаді серпня.

На початку жовтня, відбувалася заготівля кормів п'ятого укусу бобово-злакової травосумішки до складу якої входили такі компоненти, як лядвенець рогатий, люцерна посівна, стоколос безостий, костриця очеретяна, пажитниця багаторічна. Злакові трави були у фазі виходу в трубку, бобові – у фазі гілкування.

Висновки

Успішний розвиток галузі тваринництва та висока економічна ефективність виробництва молока та м'яса нерозривно пов'язані із забезпеченням наявного поголів'я худоби високоякісними кормами. В структурі кормів, які використовуються для годівлі сільськогосподарських тварин ключова роль належить трав'янистим. Основним джерелом їх надходження є сіяні сінокоси та пасовища, а також сумішки однорічних кормових культур. Однак, у зв'язку із біологічними особливостями кормових рослин та сезонністю погодних умов, надходження достатньої кількості зеленої маси однорічних та багаторічних агрофітоценозів може бути проблематичним, що, своєю чергою, створює загрози для ефективного розвитку галузі тваринництва та забезпечення населення достатньою кількістю кормів тваринного походження.

Запропонована модель сировинного конвеєра надходження кормів, дає можливість забезпечити галузь скотарства високоякісними зеленими кормами у весняно-осінній період та є базою для заготівлі сіна та сінажу. Завдяки розробленим технологічним заходам вирощування однорічних та багаторічних бобово-злакових травосумішок, а також правильному підбору компонентів, період надходження вирощеної продукції триває із III декади квітня до I декади жовтня.

ЛІТЕРАТУРА

1. Антонів, С.Ф., Запрута, О.А., Колісник, С.І., Ковнальчук, В.В., Фостолович, С.І. Передпосівне оброблення насіння лукопасовищних бобових трав бактеріальними та біологічними препаратами – важливий чинник поліпшення їхніх посівних властивостей. *Корми і кормовиробництво*. 2020. Вип. 90. С. 21–29. Doi: <https://doi.org/10.31073/kormovyrobnytstvo202090-02>.
2. Векленко Ю.А., Козленко О.М., Бадюк М.М. Наукове обґрунтування технологічних аспектів виробництва високобілкової кормової рослинної сировини із багаторічних бобових трав. *Корми і кормовиробництво*. 2023. Вип. 95. С. 138–148. Doi:<https://doi.org/10.31073/kormovyrobnytstvo202395-12>.
3. Гуменюк Я.М. Аграрний експорт України: аналіз та стратегічне планування *Економіка та суспільство*.

2023. №53. Doi: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-53-93>.
4. Коваленко О.В., Бокій О.В. Засоби підтримки населення України для забезпечення продовольчої безпеки в умовах сучасних викликів. *Вісник аграрної науки*. 2023. № 11 (848). С. 77–86. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202311>.
 5. Ковтун К.П., Векленко Ю.А., Ящук В.А. Формування фітоценозу та продуктивності еспарцето-злакових травосумішок залежно від способів сівби та просторового розміщення видів в умовах Лісостепу Правобережного. *Корми і кормовиробництво*. 2020. № 89. С. 112–120. Doi: <https://doi.org/10.31073/kormovyrobnytstvo202089-11>.
 6. Корнійчук О.В., Антипова Л.К., Манушкіна Т.М. Аналіз стану виробництва кормових культур на півдні України. *Корми і кормовиробництво*. 2021. №91. С. 20–32. Doi: <https://doi.org/10.31073/kormovyrobnytstvo202191-02>.
 7. Кургак В.Г., Карбівська У.М. Особливості формування бобово-злакових агрофітоценозів на дерново-підзолистих ґрунтах Прикарпаття України. *Корми і кормовиробництво*. 2020. №89. С. 121–133. Doi: <https://doi.org/10.31073/kormovyrobnytstvo202089-12>.
 8. Лихопій В.І. Актуальні проблеми та перспективи розвитку тваринництва в Україні. *Наукові праці Полтавської державної аграрної академії. Економічні науки*. 2011. Вип. 2. Т.3. С. 325–328.
 9. Лупенко Ю.О., Месель-Веселяк В.Я. Стратегічні напрями розвитку сільського господарства України на період до 2020 року. Київ: ННЦ “ІАЕ”, 2012. 182 с.
 10. Методика проведення дослідів з кормовиробництва і годівлі тварин/під ред. А. О. Бабича. Вісниця, 1998. 78 с.
 11. Негрей М.В., Тараненко А.А., Костенко І.С. Аграрний сектор України в умовах війни: проблеми та перспективи. *Економіка та суспільство*. 2022. Вип. 40. Doi: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2022-40-38>.
 12. Оліфірович, В.О., Векленко, Ю.А., & Чинчик, О.С. Динаміка видового складу люцерно-злакового агрофітоценозу залежно від технологічних прийомів вирощування. *Корми і кормовиробництво*. 2022. Вип.(94). С. 67–74. Doi: <https://doi.org/10.31073/kormovyrobnytstvo202294-07>.
 13. Петриченко В.Ф. Стратегія розвитку кормовиробництва в Україні. *Корми і кормовиробництво*. 2012. Вип. 73. С. 3–10.
 14. Петриченко В.Ф., Гетман Н.Я. Фактори підвищення продуктивності агрофітоценозів багаторічних бобових трав в умовах Лісостепу Правобережного. *Корми і кормовиробництво*. 2017. № 84. С.3–10.
 15. Петриченко В.Ф., Корнійчук О.В. Стратегії інноваційного розвитку кормовиробництва України в умовах сучасних викликів. *Вісник аграрної науки*. Київ, 2018. Вип. 1. С. 11–17. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201801>.
 16. Петриченко В.Ф., Корнійчук О.В., Векленко Ю.А. Сталий розвиток лукопасовищного кормовиробництва в умовах змін клімату. *Вісник аграрної науки*. 2018. №6. С. 25–32. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201806-04>.
 17. Петриченко В.Ф., Корнійчук О.В., Векленко, Ю.А. Наукові основи інтенсифікації виробництва кормів на луках та пасовищах України. *Корми і кормовиробництво*. 2020. Вип. 89. С. 10–22. DOI: <https://doi.org/10.31073/kormovyrobnytstvo202089-01>.
 18. Пую В.Л., Бахмат М.І., Рихлівський І.П. Оптимізація конвеєрного виробництва зелених кормів. *World Science*. 2019. № 7(47). Vol.1. Р. 32–39. DOI: https://doi.org/10.31435/rsglobal_ws/31072019/6587.
 19. Родінова Н.Л., Дергач А.В., Гудзь Г.О. Світова продовольча криза як наслідок російсько-української війни *Економіка та суспільство*. 2022. №40. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2022-40-25>.
 20. Фіщук І.О. Статистичний аналіз експорту продукції аграрного сектору економіки України. *Проблеми сучасних трансформацій. Сер.: економіка та управління*. 2022. Вип. 5. DOI: <https://doi.org/10.54929/2786-5738-2022-5-03-03>.

REFERENCES

1. Antoniv S.F., Zapruta O.A., Kolisnyk S.I., Konovalchuk V.V., Fostolovich S.I. (2020) Pre-sowing treatment of the seeds of onion-pasture legumes with bacterial and biological preparations is an important factor in improving their sowing properties. *Fodder and fodder production*, 90, 21–29. DOI: <https://doi.org/10.31073/kormovyrobnytstvo202090-02> [in Ukrainian].
2. Babich A.O. (1998). Methods of conducting experiments on fodder production and animal feeding. Vinnytsia. 78 p. [in Ukrainian].
3. Fishchuk I.O. (2022). Statistical analysis of the export of products of the agrarian sector of the economy of Ukraine. *Problems of modern transformations. Series: economics and management*, 5. DOI: <https://doi.org/10.54929/2786-5738-2022-5-03-03>.

- doi.org/10.54929/2786-5738-2022-5-03-03 [in Ukrainian].
4. Humeniuk Y.M. (2023). Agricultural exports of Ukraine: analysis and strategic planning *Economy and society*, 53. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-53-93>[in Ukrainian].
 5. Korniychuk O.V., Antipova L.K., Manushkina T.M. (2021). Analysis of the state of production of fodder crops in the south of Ukraine. *Fodder and fodder production*, 91, 20–32. DOI: <https://doi.org/10.31073/kormovyrobnytstvo202191-02>[in Ukrainian].
 6. Kovalenko O.V., Bokii O.V. (2023). Means of supporting the population of Ukraine to ensure food security in the conditions of modern challenges. *Herald of Agrarian Science*, 11 (848), 77–86. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202311>[in Ukrainian].
 7. Kovtun K.P., Veklenko Yu.A., Yashchuk V.A. (2020). Formation of phytocenosis and productivity of esparceto-cereal grass mixtures depending on the methods of sowing and spatial arrangement of species in the conditions of the right-bank forest-steppe. *Fodder and fodder production*, 89, 112–120. DOI: https://doi.org/10.31073/kormovyrobnytstvo_202089-11[in Ukrainian].
 8. Kurgak V.G., Karbivska U.M. (2020). Peculiarities of the formation of legume-cereal agrophytocenoses on sod-podzolic soils of the Carpathian region of Ukraine. *Fodder and fodder production*, 89, 121–133. DOI: <https://doi.org/10.31073/kormovyrobnytstvo202089-12>[in Ukrainian].
 9. Lupenko Yu.O., Mesel-Veselyak V.Ya. (2012). Strategic directions of agricultural development of Ukraine for the period until 2020. NSC «IAE». 182 p.
 10. Lykhopii V.I. (2011). Actual problems and prospects for the development of animal husbandry in Ukraine. Scientific works of the Poltava State Agrarian Academy. *Economic sciences*, 2 (3), 325–328 [in Ukrainian].
 11. Negrei M.V., Taranenko A.A., Kostenko I.S. (2022). The agricultural sector of Ukraine in the conditions of war: problems and prospects. *Economy and society*, 40. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2022-40-38> [in Ukrainian].
 12. Olifirovych V.O., Veklenko Yu.A., Chinchyk O.S. (2022). Dynamics of the species composition of the alfalfa-cereal agrophytocenosis depending on the technological methods of cultivation. *Fodder and fodder production*, (94), 67–74. DOI: <https://doi.org/10.31073/kormovyrobnytstvo202294-07> [in Ukrainian].
 13. Petrychenko V.F., Hetman N.Ya. (2017). Factors for increasing the productivity of agrophytocenoses of perennial leguminous grasses in the conditions of the Right Bank Forest Steppe. *Fodder and fodder production*, 84, 3–10 [in Ukrainian].
 14. Petrychenko V.F., Korniychuk O.V., Veklenko Yu.A. (2018) Sustainable development of onion pasture fodder production in conditions of climate change. *Herald of Agrarian Science*, 6, 25–32. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201806-04> [in Ukrainian].
 15. Petrychenko V.F., Korniychuk O.V., Veklenko Yu.A. (2020). Scientific basis of intensification of fodder production in meadows and pastures of Ukraine. *Fodder and fodder production*, 89, 10–22. DOI: <https://doi.org/10.31073/kormovyrobnytstvo202089-01>[in Ukrainian].
 16. Petrychenko V.F., Korniychuk O.V. (2018). Strategies for the innovative development of fodder production in Ukraine under the conditions of modern challenges. *Herald of Agrarian Science*, 1, 11–17. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201801>[in Ukrainian].
 17. Petrychenko V.F. (2012). Strategy for the development of fodder production in Ukraine. *Fodder and fodder production*, 73, 3–10 [in Ukrainian].
 18. Puyu V.L., Bakhmat M.I., Rykhlyvskiy I.P. (2019). Optimization of conveyor production of green fodder. *World Science*, 7(47), 32–39. DOI: https://doi.org/10.31435/rsglobal_ws/31072019/6587 [in Ukrainian].
 19. Rodinova N.L., Dergach A.V., Hudz G.O. (2022). The world food crisis as a consequence of the Russian-Ukrainian war *Economy and society*, 40. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2022-40-25> [in Ukrainian].
 20. Veklenko Yu.A., Kozlenko O.M., Badyuk M.M. (2023). Scientific substantiation of the technological aspects of the production of high-protein fodder plant raw materials from perennial legumes. *Fodder and fodder production*, 95, 138-148. DOI: <https://doi.org/10.31073/kormovyrobnytstvo202395-12> [in Ukrainian].

Senyk I.I., Krasyuk L.M., Shevchenko T.V., Sydoruk H.P., Karasevich N.V.

Modeling of the raw material conveyor of the arrival of feed in the conditions of the Western Forest-Steppe

Aim. Research of processes of formation of fodder productivity of annual and perennial leguminous-cereal grass mixtures, identification of the best options and designing on their basis a conveyor inflow of high-quality fodder. **Methods.** Field, computational and comparative, modeling. **Results.** The best options for conveyor delivery of

raw materials for the preparation of high-acidity feed for animal husbandry were selected based on field investigations. Thus, intermediate crops of hybrid winter rye provides a yield of 8.86 t/ha of dry grass and 7.40 t/ha of feed units, and Felted Vetch (*Lathyrus pannonicus*) with winter triticale – a yield of 6.64 and 5.09 t/ha, respectively. The five-fold separation of the vegetative mass of the grass mixture, consisting of bird's foot trefoil, tall fescue, alfalfa, perennial ryegrass, array, which is carried out in the phase of piping of cereals BBCH 31-33, branching of legumes BBCH 31-33, ensures the arrival of raw materials for the preparation of fodder in the period from the third decade of April to the first decade of October. The output of dry matter per unit area (1 ha) is 6.42 tons, and forage units is 5.39 tons. Grass mixes from alfalfa sowing of the variety Sinyuha, wheatgrass intermediate of the variety Hors and tall fescue of the variety Lyudmila provide the output of dry matter in the range of 10.26 t/ha and fodder units of 8.58 t/ha. **Conclusions.** The proposed model of the raw material conveyor of the arrival of feed allows to provide the livestock industry with high-quality green fodder in the spring-autumn period and is the basis for harvesting hay and silage. The period of arrival of the grown products lasts from the third decade of April to the first decade of October thanks to the developed technological measures for growing annual and perennial leguminous-cereal grass mixtures, as well as the correct selection of components.

Key words: legume-cereal grass mixtures, winter rye, winter triticale, Felted Vetch.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Сеник І.І., доктор сільськогосподарських наук, с.н.с., Західноукраїнський національний університет, e-mail: senyk_ir@ukr.net, ORCID: 0000-0003-3249-2065.

Красюк Л.М., кандидат сільськогосподарських наук, Національний науковий центр «Інститут землеробства Національної академії аграрних наук України», e-mail: iznaanaspirant@gmail.com, ORCID: 0000-0001-9871-8253.

Шевченко Т.В., кандидат сільськогосподарських наук, НААН, ORCID: 0000-0001-9488-0325.

Senyk I.I., Doctor of Agricultural Sciences, senior researcher, West Ukrainian National University, e-mail: senyk_ir@ukr.net, ORCID: 0000-0003-3249-2065.

Krasiuk L.M., Candidate of agricultural sciences, NSC «Institute of Agriculture NAAS», e-mail: iznaanaspirant@gmail.com, ORCID: 0000-0001-9871-8253.

Shevchenko T.V., Candidate of agricultural sciences, NAAS, ORCID: 0000-0001-9488-0325.

Сидорук Г. П., кандидат сільськогосподарських наук, Тернопільська дослідна станція, Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН, ORCID: 0000-0002-7584-8095.

Карасевич Н.В., доктор філософії, Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН, e-mail: natalikristi@ukr.net, ORCID: 0000-0002-1416-559X.

Sidoruk H.P., Candidate of agricultural sciences, Ternopil research station, Institute of Agriculture of the Carpathian Region of the NAAS, ORCID: 0000-0002-7584-8095.

Karasevich N.V., Doctor of Philosophy, Institute of Agriculture of the Carpathian Region of the NAAS, e-mail: natalikristi@ukr.net, ORCID: 0000-0002-1416-559X.

Надійшла 25.12.2024

ЯКІСТЬ НАСІННЯ СОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ В ПРАВОБЕРЕЖНОМУ ЛІСОСТЕПУ

А.В. Голодна, Я.В. Грицюк

ННЦ «ІЗ НААН» (с-ще Чабани, Україна)

Мета. Визначити вплив досліджуваних агрозаходів, зокрема, варіантів основного удобрення, позакореневого підживлення органо-мінеральним добривом у критичні періоди розвитку культури, передпосівного оброблення насіння мікоризоутворювачем та протруйником, а також їх поєднання у технології вирощування на якість насіння сої. Аналіз закономірностей формування якості насіння дасть можливість визначити оптимальний варіант моделі технології вирощування сої, та розробити заходи, що забезпечать отримання стабільно максимальної кількості сирого протеїну та олії з гектара. **Методи.** Польовий експеримент, лабораторні, аналітичні, математико-статистичні, порівняльно-розрахункові. **Результати.** В статті представлені показники якості насіння сої, інтенсивність накопичення протеїну і олії, а також їх збір з гектара за різних варіантів технології вирощування. **Висновки.** Найвищі показники виходу сирого протеїну з одиниці площі 1,35 т/га та інтенсивність накопичення сирого протеїну в насінні сої 12,27 кг/га за добу отримано за технології вирощування, що 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 були максимальними показники збору олії з одиниці площі 0,82 т/га та інтенсивність накопичення олії в насінні 7,45 кг/га за добу. Максимальна інтенсивність сумарного накопичення протеїну та олії в насінні сої відбувалася за технології вирощування, що передбачала внесення $N_{15}P_{45}K_{60}+N_{30}$ оброблення насіння мікоризоутворювальним препаратом і протруювачем та позакореневе підживлення рослин органо-мінеральним добривом у фазі гілкування та бутонізації. На вказаних варіантах показники становили відповідно 19,37 і 19,63 кг/га за добу за значення на абсолютному контролі 15,88 кг/га за добу.

Ключові слова: мікоризоутворювач, мінеральні добрива, олія, органо-мінеральні добрива, позакореневе підживлення, протруйник, сирий протеїн.

Вступ. Соя – одна з найбільш економічно важливих олійних і білкових культур у світі. Вона є найбільш поширеною сільськогосподарською культурою після пшениці, кукурудзи та рису [1]. Унікальні властивості соєвих бобів та збалансованість за макро- і мікроелементами, багатовекторність застосування цієї культури визначають постійне зростання попиту, а відтак і виробництво насіння сої в усьому світі [2]. Також цю культур визначають ключовим компонентом глобальної продовольчої безпеки, що забезпечує понад чверть світового білка для харчування людей і тварин, а також є джерелом олії та біопалива [3–5].

До трійки світових лідерів виробництва сої в 2023 р. входили Бразилія, Сполучені Штати Америки і Аргентина, які сукупно виробляли 318,344 млн т, що становить 81% від загального виробництва

в світі. Україна займала дев'яту позицію в світовому рейтингу з часткою 1% у загальному виробництві сої і виробила 5,2 млн т насіння [6].

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 – з'ясувати вплив варіантів основного удобрення, позакореневого підживлення органо-мінеральним добривом у критичні періоди розвитку культури, передпосівного оброблення насіння мікоризоутворювачем та протруйником

на якість насіння сої. Аналіз закономірностей формування якості насіння дасть можливість визначити оптимальний варіант моделі технології вирощування сої, та розробити заходи, що забезпечать отримання стабільно максимальної кількості сирого протеїну та олії з гектара.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Упродовж останніх десятиліть відбуваються глобальні зміни клімату, які мають та матимуть істотний вплив на виробництво сої в майбутньому [7–9]. Було визначено, що підвищення температури повітря негативно впливає на рослини сої та знижує врожайність і якість насіння. Крім того, посилення посухи, внаслідок глобального потепління, негативно впливає на ріст і розвиток та продуктивність сої та багатьох інших видів сільськогосподарських культур [10–12].

Рекомендовані для вирощування сорти сої мають високий потенціал продуктивності, що дає змогу отримати відповідну господарську врожайність та значний валовий збір насіння культури високої якості, проте у виробничих умовах його реалізація залишається низькою та нестабільною за роками [13; 14].

Тому для повної реалізації генетичного потенціалу сорту необхідно враховувати комплекс чинників, які визначають його продуктивність та проводити дослідження з метою екологічної оцінки сортів у нових технологіях в умовах змін клімату [15–19].

За вирощування сої з метою інтенсифікації технологій вирощування актуальним залишається питання впровадження нових сортів із високим потенціалом продуктивності та стійкості до впливу різних абіотичних і біотичних чинників, удосконаленню систем удобрення та підживлення, систем захисту рослин на основі нових інноваційних препаратів нового покоління, нанотехнологій тощо [20; 21].

Важливим елементом у технології вирощування сої є система удобрення, обґрунтування якої визначається агрохімічними та фізичними властивостями ґрунту, сортовими особливостями культури, видом добрив та строками їх унесення, матеріально-технічними і фінансовими ресурсами господарств тощо. На разі 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.

Серед агровиробників дедалі більшої зацікавленості викликає використання біологічних препаратів, розроблених на основі мікоризоутворювальних грибів,

які забезпечують ефективніше використання рослинами мінеральних добрив, поліпшують фосфорне живлення та процес фіксації азоту, покращують якісні показники врожаю, підвищують стійкість рослин до несприятливих чинників навколишнього середовища та підвищують продуктивність агрокультур [22]. Використання біопрепаратів, які містять мікоризоутворювальні гриби, особливо актуально за нестабільних погодних умов, дефіциту вологи, тривалої посухи та підвищених температур повітря [23].

Глобальна зацікавленість у збільшенні виробництва сої 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 комплексного застосування елементів технології вирощування на якість отриманого 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 у 2015 р. для вирощування в зонах Лісостепу та Полісся у 2015 р. Норма висіву – 750 тис. схожих насінин на гектар. Попередник – просо. Технологія вирощування сої – загальноприйнята для зони проведення досліджень, за виключенням досліджуваних агрозаходів.

Агрохімічна характеристика темно-сірого опідзоленого ґрунту, на якому здійснювали дослідження: 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 слабко кисла ($\text{pH}_{\text{сол.}}$ 5,2–5,7).

Досліджувані фактори: А (удобрення): без добрив (контроль), $\text{P}_{45}\text{K}_{60}$, $\text{N}_{15}\text{P}_{45}\text{K}_{60}+\text{N}_{30}$ у фазі бутонізації, $\text{N}_{45}\text{P}_{45}\text{K}_{60}$; В (передпосівне оброблення насіння): без оброблення (контроль), мікоризоутворювальним біопрепаратом Мікофренд (1 л/т насіння), мікоризоутворювальним біопрепаратом Мікофренд у поєднанні з протруйником Вайбранс RFC, ТН (по 1 л/т насіння); С (позакореневе підживлення рослин), (висяєних насінням, обробленим мікоризоутворювачем

та 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 за 4-разового повторення.

Методи досліджень – загальноприйняті для польових дослідів і лабораторних аналізів. Закладання польових дослідів та виконання досліджень проводили з урахуванням вимог методики дослідної справи [25].

Інтенсивність утворення білка (а також олії і суми білка та олії) визначали за методикою, запропонованою Л.Н. Кобизевою, С.І. Святченком, О.В. Тертишним [26] та розраховували за формулою:

$$\text{ІУБ} = (\text{У} \times \text{Б}) / \text{Т},$$

де ІУБ – інтенсивність утворення білка за добу вегетації, кг/га за добу;

У – урожайність сорту сої, кг/га;

Б – вміст білка в насінні сорту сої, %;

Т – тривалість періоду вегетації сорту, дб.

Результати та їх обговорення. Відомо, що технологія вирощування та погодні умови вегетаційного періоду впливають не лише на рівень урожайності сільськогосподарських культур, зокрема сої, а й на показники якості врожаю – вміст та співвідношення цінних складових: білків, вуглеводів, жирів, вітамінів, мінеральних солей та ін. [27; 28]. На думку багатьох дослідників вміст білка в насінні сої значно залежить також від сортових особливостей культури та співвідношення між вмістом білка і олії [29; 30].

Аналіз отриманих результатів свідчить про вплив досліджуваних агрозаходів на господарсько-біологічні показники насіння сої, про що свідчать показники вмісту сирого протеїну і олії в насінні, які варіювали у межах 35,8–37,8% і 20,7–22,9% відповідно (табл. 1, 2). Необхідно засвідчити, що істотного впливу застосованих агрозаходів на вміст сирого протеїну в насінні сої не виявлено. Максимальний його вміст відмічали на варіантах без застосування мінеральних добрив і проведення передпосівного оброблення насіння.

Водночас, застосовані агрозаходи за рахунок підвищення врожайності сої позитивно впливали на збір сирого протеїну з одиниці площі. Зокрема, технологія вирощування сої із застосуванням мінеральних добрив забезпечила підвищення збору сирого протеїну на 0,04–0,07 т/га, або на 3,5–6,2% за показника в абсолютному контролі 1,13 т/га. Передпосівне оброблення насіння мікоризоутворювальним

препаратом і протруйником за внесення мінеральних добрив сприяло збору сирого протеїну на рівні 1,20–1,26 т/га, що на 0,07–0,13 т/га, або на 6,2–11,5% більше за абсолютний контроль. На варіантах без добрив позакореневе підживлення рослин у критичні періоди їх розвитку органо-мінеральним добривом Хелпрост Соя позитивно впливало на зростання збору сирого протеїну до 1,19–1,26 т/га (або на 5,3–11,5%), на варіантах застосування мінеральних добрив – до 1,24–1,35 т/га (або на 9,7–19,5%).

У середньому за 2021–2023 рр. найвищий збір сирого протеїну 1,34–1,35 т/га отримали за технології вирощування сої, яка передбачала внесення N₁₅P₄₅K₆₀+N₃₀ і N₄₅P₄₅K₆₀, оброблення насіння мікоризоутворювачем і протруйником та позакореневе підживлення рослин органо-мінеральним добривом Хелпрост Соя у фазі бутонізації.

У роки досліджень виявляли залежність вмісту олії в насінні сої від досліджуваних агрозаходів. Застосування мінеральних добрив сприяло зростанню показника на 1,0–1,9% за рівня на контролі 20,7%. Передпосівне оброблення насіння мікоризоутворювальним препаратом і протруйником позитивно впливало на збільшення вмісту олії в насінні на 0,5–2,2% із невеликою перевагою у варіантах, де було додатково застосовано оброблення насіння протруйником. Зокрема, на фоні внесення фосфорно-калійних добрив і передпосівного оброблення насіння мікоризоутворювальним препаратом сумісно з протруйником виявлено найвищий вміст олії в насінні сої 22,9%, що на 10,6% перевищувало контрольний варіант. Передпосівне оброблення насіння і позакореневе підживлення посівів органо-мінеральним добривом Хелпрост Соя спрягло підвищенню накопичення олії в насінні сої на 0,4–1,6% абсолютних (табл. 2).

При цьому збір олії з одиниці площі визначався як її вмістом у насінні, так і рівнем урожайності культури. Застосування мінеральних добрив зумовило збільшення кількості олії на 0,06–0,11 т/га, або 9,7–17,7% за показника у контролі 0,62 т/га. За оброблення насіння мікоризоутворювальним препаратом і протруйником збір олії з 1 га підвищився на 0,03–0,15 т, або на 4,8–24,2%. Необхідно зазначити, що на фоні внесення мінеральних добрив вирощування сої з обробленого насіння мікоризоутворювальним препаратом сумісно із протруйником підвищило збір олії з одиниці площі на 0,13–0,15 т/га (або на 21,0–24,2%), порівняно з контролем. Позакореневе підживлення рослин органо-мінеральним

Таблиця 1. Вміст сирого протеїну в насінні сої та його збір залежно від удобрення та передпосівного оброблення насіння, середнє за 2021–2023 рр.

Удобрення	Оброблення насіння			Оброблення насіння + позакореневе підживлення у фазі*		
	водою (контроль)	Мікофренд	Мікофренд + Вайбранс	гілкування	бутонізації	цвітіння
Вміст сирого протеїну, %						
Без добрив (контроль)	37,8	36,8	37,2	37,5	37,6	36,5
$P_{45}K_{60}$	37,4	37,1	36,4	36,3	36,4	36,4
$N_{15}P_{45}K_{60}+N_{30}$	37,0	37,4	36,3	36,1	35,8	36,5
$N_{45}P_{45}K_{60}$	36,3	37,2	36,4	36,8	36,9	36,7
$V, \%$	1,7	0,7	1,1	1,7	2,1	0,3
Збір сирого протеїну, т/га						
Без добрив (контроль)	1,13	1,13	1,16	1,19	1,26	1,21
$P_{45}K_{60}$	1,17	1,21	1,20	1,24	1,27	1,24
$N_{15}P_{45}K_{60}+N_{30}$	1,20	1,26	1,26	1,32	1,34	1,32
$N_{45}P_{45}K_{60}$	1,17	1,24	1,22	1,33	1,35	1,32
HIP_{05}	0,06	0,13	0,09	0,15	0,10	0,13

Таблиця 2. Вміст олії в насінні сої та її збір залежно від удобрення і передпосівного оброблення насіння, 2021–2023 рр.

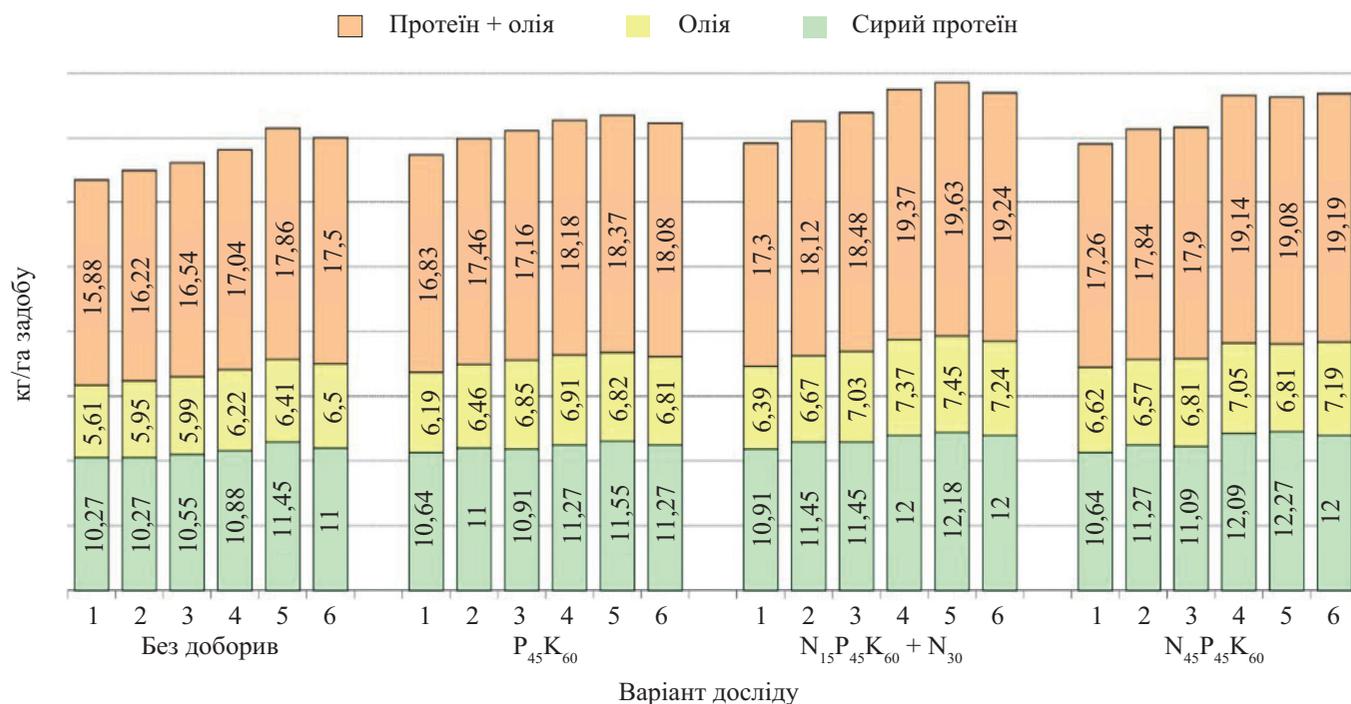
Удобрення	Оброблення насіння			Оброблення насіння + позакореневе підживлення у фазі*		
	водою (контроль)	Мікофренд	Мікофренд + Вайбранс	гілкування	бутонізації	цвітіння
Вміст олії, %						
Без добрив (контроль)	20,7	21,4	21,2	21,5	21,1	21,6
$P_{45}K_{60}$	21,7	21,8	22,9	22,3	21,5	21,9
$N_{15}P_{45}K_{60}+N_{30}$	21,7	21,7	22,3	22,1	21,9	22,0
$N_{45}P_{45}K_{60}$	22,6	21,7	22,3	21,5	21,7	21,9
$V, \%$	3,6	0,8	3,2	1,9	1,6	0,8
Збір олії, т/га						
Без добрив (контроль)	0,62	0,65	0,66	0,68	0,70	0,71
$P_{45}K_{60}$	0,68	0,71	0,75	0,76	0,75	0,75
$N_{15}P_{45}K_{60}+N_{30}$	0,70	0,73	0,77	0,81	0,82	0,80
$N_{45}P_{45}K_{60}$	0,73	0,72	0,75	0,78	0,79	0,79
HIP_{05}	0,10	0,08	0,11	0,13	0,12	0,09

добривом Хелпрост Соя за внесення $P_{45}K_{60}$ збільшило збір олії на 0,13–0,14 т/га, або на 21,0–22,6%, за внесення $N_{15}P_{45}K_{60}+N_{30}$ – на 0,18–0,20 т/га, або на 29,0–32,3%, за внесення $N_{45}P_{45}K_{60}$ – на 0,16–0,17 т/га, або на 25,8–27,4%.

Інтенсивність накопичення сирого протеїну та олії в насінні сої залежно від варіанта удобрення, передпосівного оброблення насіння та позакореневого підживлення рослин відображено на рис.

Передпосівне оброблення насіння на фоні внесення мінеральних добрив зумовило зростання інтенсивності накопичення сирого протеїну на 0,64–1,18 кг/га за добу, або на 6,2–11,5%, передпосівне оброблення та проведення позакореневого підживлення рослин – на 1,00–1,91 кг/га за добу, або 9,7–19,5%.

Досліджувані агрозаходи мали значний вплив також на інтенсивність накопичення олії в насінні сої. Мінеральні добрива позитивно впливало на



Інтенсивність накопичення сирого протеїну та олії в насінні сої залежно від застосованих агрозаходів, середнє за 2021–2023 рр., кг/га за добу

Примітка. 1 – оброблення насіння водою (контроль), 2 – оброблення насіння Мікофренд, 3 – оброблення насіння Мікофренд + Вайбранс, 4 – оброблення насіння (Мікофренд+Вайбранс) + позакореневе підживлення Хелпрост Соя у фазі гілкування, 5 – оброблення насіння (Мікофренд+Вайбранс) + позакореневе підживлення Хелпрост Соя у фазі бутонізації, 6 – оброблення насіння (Мікофренд+Вайбранс) + позакореневе підживлення Хелпрост Соя у фазі цвітіння.

зростання показника на 0,58–1,01 кг/га за добу, або на 10,3–18,0% за його рівня в абсолютному контролі 5,61 кг/га за добу. Передпосівне оброблення насіння сприяло підвищенню інтенсивності накопичення олії на 0,34–0,38 кг/га за добу, або на 6,1–6,8% на фоні без добрив і на 0,85–1,42 кг/га за добу, або на 15,2–25,3% – за внесення мінеральних добрив. Передпосівне оброблення насіння та проведення позакореневого підживлення рослин органомінеральним добривом Хелпрост Соя забезпечило посилення інтенсивності накопичення олії в насінні сої залежно від фону удобрення до 6,22–7,45 кг/га за добу, що на 0,61–1,84 кг/га за добу, або 10,9–32,8% вище, ніж в абсолютному контролі.

За сумарним показником інтенсивності накопичення протеїну і олії в насінні сої найвищі значення отримано за вирощування сої на фоні внесення $N_{15}P_{45}K_{60}+N_{30}$ з обробленням насіння мікоризоутворювачем і протруювачем та позакореневим підживленням рослин органомінеральним добривом Хелпрост Соя у фазі гілкування і бутонізації. Позакореневе підживлення у фазі гілкування на фоні внесення $N_{15}P_{45}K_{60}+N_{30}$ підвищує інтенсивність сумарного накопичення протеїну і олії в насінні на 22,0%,

у фазі бутонізації – на 23,6%, що збільшує відповідно показник до рівня 19,37 і 19,63 кг/га за добу за його значення в абсолютному контролі 15,88 кг/га за добу.

Висновки

У середньому за 2021–2023 рр. найвищі показники збору сирого протеїну з одиниці площі 1,34 і 1,35 т/га та інтенсивності накопичення сирого протеїну в насінні сої 12,18 і 12,27 кг/га за добу отримано за вирощування сої з обробленням насіння мікоризоутворювачем і протруювачем та позакореневим підживленням рослин органомінеральним добривом Хелпрост Соя у фазі бутонізації за внесення $N_{15}P_{45}K_{60}+N_{30}$ і $N_{45}P_{45}K_{60}$.

Найвищі показники збору олії з одиниці площі 0,81 і 0,82 т/га та інтенсивності накопичення олії в насінні сої 7,37 і 7,45 кг/га за добу в середньому за роки досліджень було отримано за вирощування сої на фоні внесення $N_{15}P_{45}K_{60}+N_{30}$ з обробленням насіння мікоризоутворювачем і протруювачем та позакореневим підживленням рослин органомінеральним добривом Хелпрост Соя у фазі гілкування і бутонізації.

Найінтенсивніше накопичення протеїну і олії в насінні сої відбувалося за технології вирощування сої, що передбачала внесення $N_{15}P_{45}K_{60}+N_{30}$, оброблення

насіння мікоризоутворювачем і протруювачем та позакореневе підживлення рослин органо-мінеральним добривом Хелпрост Соя у фази гілкування і бутонізації. Позакореневе підживлення у фази гілкування за внесення $N_{15}P_{45}K_{60}+N_{30}$ підвищує інтенсивність

сумарного накопичення протеїну і олії в насінні на 22,0%, у фазі бутонізації – на 23,6%, що збільшує відповідно показник до рівня 19,37 і 19,63 кг/га за добу за його значення на абсолютному контролі 15,88 кг/га за добу.

ЛІТЕРАТУРА

1. AMIS. 2022. Market Database. Agricultural Market Information System. USDA. URL: <https://data.nal.usda.gov/dataset/amis-market-databas>.
2. Voora V., Bermudez S., Le H., Larrea C., Luna E. Global Market Report. Soybean prices and sustainability. IISD, 2024. 38 p. URL: <https://www.iisd.org/system/files/2024-02/2024-global-market-report-soybean.pdf>.
3. Жуйков О.Г., Іванів М.О., Марченко Т.Ю., Возняк В.В. Сучасне виробництво сої як елемент розв'язання проблеми харчового білка: світові тренди та вітчизняні реалії. *Таврійський науковий вісник*. 2020. Вип. 116. Ч. 1. С. 54–63.
4. Заболотний Г.М., Мазур В.А., Циганська О.І. та ін. Агробіологічні основи вирощування сої та шляхи максимальної реалізації її продуктивності: моногр. Вінниця, 2020. 276 с.
5. Messina M. Perspective: Soybeans Can Help Address the Caloric and Protein Needs of a Growing Global Population. *Front. Nutr.* 2022. 9. 909464. doi: 10.3389/fnut.2022.909464.
6. USDA. Soybean 2023. World Production. URL: <https://ipad.fas.usda.gov/cropexplorer/cropview/commodityView.aspx?cropid=2222000>.
7. 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>.
8. 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.
9. Nakagawa A.C.S., Ario N., Tomita Y. et al. High temperature during soybean seed development differentially alters lipid and protein metabolism. *Plant Product. Sci.* 2020. 23(4). p. 504–512. doi: 10.1080/1343943X.2020.1742581.
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. Schauburger B., Archontoulis S., Arneeth A. et al. Consistent negative response of US crops to high temperatures in observations and crop models. *Nat. Commun.* 2017. 8(1). p. 1–9. doi: 10.1038/ncomms13931.
13. Прус Л.І. Вплив агротехнічних заходів на продуктивність сої. *Агроєкологічний журнал*. 2017. № 1. С. 62–67.
14. Рибальченко А.М. Особливості формування сортових ресурсів та урожайність сої в Україні. *Вісник Полтавської державної академії*. 2022. № 3. С. 18–25.
15. 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.
16. 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.
17. Мазур В.А., Ткачук О.П., Панцирева Г.В. Сортові ресурси сої в Україні. Вінниця: ТОВ «ТВОРИ», 2023. 220 с.
18. 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>.
19. Ткачук О.П., Дідур І.М., Панцирева Г.В. Екологічна оцінка середньостиглих і середньо пізньостиглих сортів сої. *Сільське господарство та лісівництво*. 2022. № 1(24). С. 5–15. doi: 10.37128/2707-5826-2022-1-1.
20. Мазур В.А., Гончарук І.В., Дідур І.М. та ін. Інноваційні аспекти технологій вирощування, зберігання і переробки зернобобових культур: моногр. Вінниця: Нілан-ЛТД, 2021. 180 с.

21. Заболотний Г.М., Мазур В.А., Циганська О.І. та ін. Агробіологічні основи вирощування сої та шляхи максимальної реалізації її продуктивності: моногр. Вінниця, 2020. 276 с.
22. Wahab A., Muhammad M., Munir A., Abdi G. et al. Role of Arbuscular Mycorrhizal Fungi in Regulating Growth, Enhancing Productivity, and Potentially Influencing Ecosystems under Abiotic and Biotic Stresses. *Plants (Basel)*. 2023. 12(17). 3102. doi: 10.3390/plants12173102.
23. 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
24. ДСТУ 4362:2004. Якість ґрунту. Показники родючості ґрунтів. (Національний стандарт України) Київ: Держспоживстандарт України, 2006. 19 с.
25. Єщенко В.О., Копитко П.Г., Опришко В.П., Костогриз П.В.; Основи наукових досліджень в агрономії. Київ: Дія. 2005. 288 с.
26. Кобизєва Л.Н., Святченко С.І., Тертишний О.В. Відбір сортів сої за інтенсивністю утворення білка. Досягнення і проблеми генетики, селекції та біотехнології. 2007. Т. 2. С. 67–69.
27. Жеребо В.М. Зміни жирно-кислотного складу насіння сої залежно від догляду за її посівами. *Карантин і захист рослин*. 2016. № 5. С. 4.
28. Кушнір М.В. Вплив передпосівної обробки насіння та позакореневих підживлень на урожайність та якість насіння сучасних сортів сої. *Селекція і насінництво*. 2014. Вип. 106. С. 134–140.
29. Посилаєва О.О., Кириченко В.В., Шелякіна Т.А. Вплив дефіциту вологи і підвищених температур на накопичення білку в насінні сучасних сортів сої. *Селекція і насінництво*. 2014. Вип. 105. С. 149–156.
30. Рябуха С.С., Чернишенко П.В., Серікова Л.Г., Святченко С.І. Особливості формування біохімічного складу насіння сучасних сортів сої. *Селекція і насінництво*. 2018. Вип. 114. С. 71–79. DOI:10.30835/2413-7510.2018.152139.

REFERENCES

1. AMIS. (2022). Market Database. Agricultural Market Information System. USDA. URL: <https://data.nal.usda.gov/dataset/amis-market-database> [in English].
2. Voora V., Bermudez S., Le H., Larrea C., Luna E. (2024). Global Market Report. Soybean prices and sustainability. IISD, 38 p. URL: <https://www.iisd.org/system/files/2024-02/2024-global-market-report-soybean.pdf> [in English].
3. Zhuikov O.H., Ivaniv M.O., Marchenko T.Iu., Vozniak V.V. (2020). Suchasne vyrobnytstvo soi yak element rozviazannia problemy kharchovoho bilka: svitovi trendy ta vitchyzniani realii. *Tavriiskyi naukovyi visnyk*, 116, 1, 54–63 [in Ukrainian].
4. Zabolotnyi H.M., Mazur V.A., Tsyhanska O.I. et al. (2020). Ahrobiolohichni osnovy vyroshchuvannia soi ta shliakhy maksymalnoi realizatsii yii produktyvnosti: monohrafiia. Vinnytsia, 276 p. [in Ukrainian].
5. Messina M. (2022). Perspective: Soybeans Can Help Address the Caloric and Protein Needs of a Growing Global Population. *Front. Nutr.* 9. 909464. doi: 10.3389/fnut.2022.909464 [in English].
6. USDA. (2023). Soybean World Production. URL: <https://ipad.fas.usda.gov/cropexplorer/cropview/commodityView.aspx?cropid=2222000> [in English].
7. 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].
8. 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].
9. Nakagawa A.C.S., Ario N., Tomita Y. et al. (2020). High temperature during soybean seed development differentially alters lipid and protein metabolism. *Plant Product. Sci.*, 23(4), 504–512. doi: 10.1080/1343943X.1742581 [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. Schauburger B., Archontoulis S., Arneith A. et al. (2017). Consistent negative response of US crops to high temperatures in observations and crop models. *Nat. Commun.*, 8(1), 1–9. doi: 10.1038/ncomms13931 [in English].

13. Prus L.I. (2017). Vplyv ahrotekhnichnykh zakhodiv na produktyvnist soi. *Ahroekolohichnyi zhurnal*, 1, 62–67 [In Ukrainian].
14. Rybalchenko A.M. (2022). Osoblyvosti formuvannia sortovykh resursiv ta urozhainist soi v Ukraini. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi akademii*, 3, 18–25 [in Ukrainian].
15. 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].
16. Mazur V.A., Didur I.M., Pantsyreva H.V. (2020). Obruntuvannia adaptivnoi sortovoi tekhnologii vyroshchuvannia zernobobovykh kultur v Pravoberezhnomu Lisostepu Ukrainy. *Silske hospodarstvo ta lisivnytstvo*, 3(18), 5–16. doi: 10.37128/2707-5826-2020-3-1 [in Ukrainian].
17. Mazur V.A., Tkachuk O.P., Pantsyreva H.V. (2023). Sortovi resursy soi v Ukraini. Vinnytsia: TOV «Tvor», 220 p. [in Ukrainian].
18. 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].
19. Tkachuk O.P., Didur I.M., Pantsyreva H.V. (2022). Ekolohichnaotsinkaserednostyghlykhiserednopiznostyghlykh sortiv soi. *Silske hospodarstvo ta lisivnytstvo*. № 1(24). S. 5–15. doi: 10.37128/2707-5826-2022-1-1 [in Ukrainian].
20. Mazur V.A., Honcharuk I.V., Didur I.M. ta in. (2021). Innovatsiini aspekty tekhnologii vyroshchuvannia, zberihannia i pererobky zernobobovykh kultur: monohrafiia. Vinnytsia: Nilan-LTD, 180 p. [in Ukrainian].
21. Zabolotnyi H.M., Mazur V.A., Tsyhanska O.I. ta in. (2020). Ahrobiolohichni osnovy vyroshchuvannia soi ta shliakhy maksimalnoi realizatsii yii produktyvnosti: monohrafiia. Vinnytsia, 276 p. [in Ukrainian].
22. Wahab A., Muhammad M., Munir A., Abdi G. et al. (2023). Role of Arbuscular Mycorrhizal Fungi in Regulating Growth, Enhancing Productivity, and Potentially Influencing Ecosystems under Abiotic and Biotic Stresses. *Plants (Basel)*. 12(17). 3102. doi: 10.3390/plants12173102 [in English].
23. 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].
24. DSTU 4362:2004. (2006). Yakist gruntu. Pokaznyky rodiuchosti gruntiv. (Natsionalnyi standart Ukrainy) Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy, 19 p. [in Ukrainian].
25. Yeshchenko V.O., Kopytko P.H., Opryshko V.P., Kostohryz P.V. (2005). Osnovy naukovykh doslidzhen v ahronomii. Kyiv: Diia. 288 p. [in Ukrainian].
26. Kobyzieva L.N., Sviatchenko S.I., Tertyshnyi O.V. (2007). Vidbir sortozrazkiv soi za intensyvniestiu utvorennia bilka. *Dosiahnennia i problemy henetyky, seleksii ta biotekhnologii*, 2, 67–69 [in Ukrainian].
27. Zhrebko V.M. (2016). Zminy zhyrno-kyslotnoho skladu nasinnia soi zalezho vid dohliadu za yii posivamy. *Karantyn i zakhyst roslyn*, 5, 4 [in Ukrainian].
28. Kushnir M.V. (2014). Vplyv peredposivnoi obrobky nasinnia ta pozakorenevnykh pidzhyvlen na urozhainist ta yakist nasinnia suchasnykh sortiv soi. *Selektsiia i nasinnytstvo*, 106, 134–140 [in Ukrainian].
29. Posylaieva O.O., Kyrychenko V.V., Sheliakina T.A. (2014). Vplyv defitsytu volohy i pidvyshchennykh temperatur na nakopychennia bilku v nasinni suchasnykh sortiv soi. *Selektsiia i nasinnytstvo*, 105, 149–156 [in Ukrainian].
30. Riabukha S.S., Chernyshenko P.V., Sierikova L.H., Sviatchenko S.I. (2018). Osoblyvosti formuvannia biokhimichnoho skladu nasinnia suchasnykh sortiv soi. *Selektsiia i nasinnytstvo*, 114, 71–79. DOI: 10.30835/2413-7510.2018.152139 [in Ukrainian].

Holodna A.V., Hrytsiuk Ya.V.

Seed Quality of Soybean Depending on Cultivation Technology in the Right-Bank Forest-Steppe

Aim. To determine the impact of the studied agronomic practices, including variations in basic fertilization, foliar application of organo-mineral fertilizer during critical growth phases, pre-sowing seed treatment with a mycorrhiza-forming agent and a seed dressing agent, as well as their combination within the cultivation technology, on the quality of soybean seeds. Analyzing the patterns of seed quality formation will enable the identification of the optimal model for soybean cultivation technology and the development of measures to ensure the stable and maximum yield of crude protein and oil per hectare. **Methods.** Field experiments, laboratory analyses, analytical methods, mathematical and statistical techniques, and comparative-calculation approaches. **Results.** The article presents indicators of soybean seed quality, the intensity of protein and oil accumulation, and their yield per hectare under different cultivation technology variants, averaged over the years of research. **Conclusions.** The

highest crude protein yield per unit area, amounting to 1.35 t/ha, and the intensity of crude protein accumulation in soybean seeds, at 12.27 kg/ha per day, were achieved using a cultivation technology that included seed treatment with a mycorrhiza-forming agent and a seed dressing agent, combined with foliar application of organo-mineral fertilizer during the budding phase on a background of $N_{15}P_{45}K_{60}+N_{30}$ application. This variant also demonstrated the maximum oil yield per unit area, reaching 0.82 t/ha, and the highest intensity of oil accumulation in seeds at 7.45 kg/ha per day. The maximum intensity of protein and oil accumulation in soybean seeds was obtained using a cultivation technology that included $N_{15}P_{45}K_{60}+N_{30}$ application, seed treatment with a mycorrhiza-forming agent and a seed dressing agent, and foliar application of organo-mineral fertilizer during the branching and budding phases. This approach increased the total intensity of protein and oil accumulation in seeds by 22.0% and 23.6%, respectively, raising the values to 19.37 and 19.63 kg/ha per day, compared to 15.88 kg/ha per day in the absolute control.

Key words: mycorrhiza-forming agent, mineral fertilizers, oil, organo-mineral fertilizers, foliar feeding, seed dressing agent, crude protein.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

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

Грицюк Я.В., канд. с.-г. наук, ННЦ «Інститут землеробства НААН», e-mail: hrytsiuk.yaroslav@gmail.com.

Holodna A.V., doctor of agricultural sciences, Chief Scientific Officer of NSC «Institute of Agriculture NAAS», e-mail: ant.golodna@gmail.com, ORCID: 0000-0002-7775-8229.

Hrytsiuk Ya.V., Candidate of agricultural sciences, National Scientific Center «Institute of Agriculture of NAAS», e-mail: hrytsiuk.yaroslav@gmail.com.

Надійшла 25.12.2024

СТВОРЕННЯ ТРАВСТОЙВ З ГІСОПУ ЛІКАРСЬКОГО ДЛЯ ВИКОРИСТАННЯ ЯК ПРИРОДНИХ СТИМУЛЯТОРІВ РОСТУ ТВАРИН

А.О. Лобурець, М.І. Штакал

ННЦ «ІЗ НААН» (с-ще Чабани, Україна)

Мета. Встановити біологічні особливості росту і розвитку гісопу лікарського, його урожайність і хімічний склад та технологічну придатність для використання в складі компонентів фітосумішей із метою формування кормових добавок органічного походження для годівлі тварин. **Методи.** Польовий, лабораторний, варіаційної статистики. **Результати.** За раннього строку сівби в рік посіву забур'яненість посівів гісопу лікарського була вищою ніж за пізнього строку сівби на 43%, що пояснюється знищенням першої і другої хвилі бур'янів дискуванням. На другий і наступні роки забур'яненість різко знижується аж до повного зникнення сегетальної рослинності внаслідок алелопатичної активності гісопу лікарського. Урожайність сухої маси гісопу лікарського в рік посіву за першого строку сівби становила 2,57 т/га. Зниження норми висівання на 25% та пізніших строків сівби істотно не знижувало урожайність гісопу, яка сягала відповідно 2,42–2,40 т/га. На другий і наступні роки урожайність гісопу лікарського зростала відповідно до 3,74–3,94 т/га. Вміст сирого протеїну у гісопу лікарського становив у середньому 15,9%. Він має у своєму складі достатню кількість клітковини та БЕР, а корм повністю забезпечений калієм, фосфором і кальцієм та має добру перетравність. У надземній масі гісопу лікарського міститься 0,3–1% ефірної олії, флавоноїдів 0,9% та інших складових біологічно активних речовин. **Висновки.** Гісоп лікарський, маючи високу врожайність, технологічно придатний для заготівлі сировини і формування фітосумішей для годівлі сільськогосподарських тварин для отримання органічної продукції тваринництва. Біологічно активними речовинами його є ефірні олії, флавоноїди, вітаміни, дубильні речовини тощо.

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

Вступ. У нашій країні на початку 90-х років ХХ ст., а в країнах ЄС і значно раніше, почали широко використовувати для годівлі тварин премікси [1]. Це пов'язано з тим, що раціони годівлі тварин, навіть за збалансованого їх забезпечення за всіма показниками повного зоотехнічного аналізу, не давали бажаних приростів живої маси тварин, що диктувалося необхідністю інтенсифікації тваринництва. Однак скоро з'ясувалося, що їх застосування призводить і до негативного впливу на тваринний і людський організм [2]. Тому виникає потреба заміни штучних стимуляторів росту на природні. Отже презентована Єврокомісією в грудні 2019 р. комплексна стратегія переходу Європи до сталої економіки, чистої енергетики і кліматичної нейтральності до 2050 р. передбачає в галузі сільського господарства перехід до Європейського Зеленого Курсу з метою покращання

здоров'я людей і якості їх життя. Ця стратегія безпосередньо стосується і нашої держави. За необхідності отримання органічної продукції тваринництва важливо виключити з раціонів годівлі кормові добавки (премікси), що містять в своєму складі штучні антибіотики, пробіотики, гормони тощо [2; 3] і замінювати на природні стимулятори росту тварин [4]. Одним із таких замінників преміксів є гісоп лікарський. Тому виникла необхідність глибокого вивчення його біологічної цінності, продуктивності та технологічної придатності в чистих посівах. Для кормовиробництва це має важливе значення за умови використання його як біологічного стимулятора росту тварин.

Мета досліджень. Встановити можливість використання гісопу лікарського, з врахуванням його продуктивності, вмісту біологічно активних речовин та технологічної придатності, для вирощування

і заготівлі сировини та формування з неї фітосумішей для годівлі тварин із метою можливості отримання органічної тваринницької продукції.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Гісоп лікарський (*Hyssopus officinalis* L.) з родини Губоцвітих (Labiatae). Це багаторічна трав'яниста рослина. Гісоп лікарський давно використовується в лікарському рослинництві в якості отримання сировини для використання в медицині [5; 6]. Препарати із гісопу проявляють відхаркувальні, спазмолітичні, антисептичні, сечогінні й глистогінні властивості. Вони поліпшують роботу органів травлення. Використовують у разі запалення очей, стоматитів, захворювання горла, для лікування забитих місць, ран, екзем. Рослина збуджує апетит, сприяє кращому перетравлюванню їжі. В технологічному процесі достатньо вивчені способи підготовки ґрунту до сівби, способи сівби, норми висівання, система догляду за посівами та період збирання врожаю зеленої маси і насіння [7; 8]. Однак мало вивчені питання уточнення норм висівання та способів сівби з метою здешевлення сировини лікарсько-кормових трав.

Матеріали та методи досліджень. Польові дослідження проводили в стаціонарному досліді на чорноземі типовому Панфільської дослідної станції ННЦ «ІЗ НААН» упродовж 2022–2024 рр. Облікова площа ділянки становила – 10 м², повторення чотириразове. Сівбу гісопу лікарського проведено 1–5 квітня 2019 та 2023 рр. Спосіб висіву – широкорядний із міжряддями 45 см. Висівали повну норму – 6 кг/га та знижували її на 25% (4,5 кг/га). З метою покращання боротьби з бур'янами застосовували пізніший строк сівби (15–29 квітня). Збирання врожаю лікарсько-кормових видів проводили у фазі цвітіння 1 раз за вегетацію. Облік урожаю здійснювали методом суцільного скошування травостою й зважування рослинної маси з усієї облікової ділянки – згідно з методиками Інституту кормів НААН [9]. Заготівлю сировини проводили в умовах природного висушування з наступним подрібненням. Вміст сухої речовини у зеленій масі визначали термостатно-ваговим методом із висушуванням зразків за температури 105°C. Вміст біологічно активних речовин у повітряно-сухій сировині виявляли за методиками, наведеними у Державній фармакопеї України та в Європейській фармакопеї [10;11]. Повний зоотехнічний аналіз і перетравність корму *in vitro* та вміст у ньому мінеральних елементів визначали за ДСТУ 4117:2007 методом інфрачервоної спектроскопії з комп'ютерним забезпеченням. Кількість

безазотистих екстрактивних речовин визначали шляхом віднімання від 100% вмісту сирого протеїну, сирого жиру, сирої клітковини, сирої золи в сухій масі корму. Математичну обробку одержаних результатів польових дослідів проводили методом дисперсійного аналізу за Б.О. Доспеховим на персональному комп'ютері з використанням сучасних пакетів прикладних програм Microsoft Excel та *Mathcad*.

Погодні умови в роки досліджень за температурним режимом перевищували норму на 0,9–2,6 °С, а за сумою опадів перевищували норму на 11–34 мм в 2022–2023 рр. Особливо посушливим був 2024 р., коли випало лише 223 мм опадів (70% норми). Загалом, погодні умови характерні для зони Лісостепу і сприятливі для вирощування гісопу лікарського.

Результати та їх обговорення. Гісоп лікарський мало поширена культура в лікарському рослинництві. Тому й особливості його росту і розвитку та технологія його вирощування вивчені недостатньо. Особливо мало вивчені питання залежності урожайності від строків сівби і норм висівання, що має важливе значення за органічного кормовиробництва і необхідності ресурсозбереження для здешевлення виробництва кормових добавок.

Наші дослідження показали, що гісоп лікарський в рік сівби (2023 р.) пройшов всі фенофази росту і розвитку з тією різницею, що урожайність була дещо нижчою ніж у наступні роки. Період проростання насіння першого строку сівби спостерігалось 16–25 квітня, а другого строку сівби – 3–10 травня. Фази стеблуння рослини гісопу проходили в рік першого строку сівби 1–5 червня і другого строку сівби – 10–15 червня, а в посівах 2024 р. гісоп лікарський проходив фази стеблуння 6–15 травня, що раніше на 20–25 днів. У фазі галуження рослини гісопу першого року сівби перебувають у період 25 червня–15 липня, а другого строку сівби відповідно з 30 червня–по 20 липня. В 2024 р. гісоп знаходиться у цій фазі в період з 5 по 25 червня. Цвітіння гісопу в рік посіву першого строку сівби розпочинається з 15–25 липня і другого строку сівби відповідно по 20 липня, 5 серпня. У період повного цвітіння, що відповідає календарним строкам 1–15 серпня можлива заготівля сировини. Слід зазначити, що за заготівлі сировини календарні строки за обох строків сівби істотно не розрізняються. Варто також зазначити, що рослини гісопу у рік посіву проходять усі фази росту і розвитку і здатні давати урожай насіння, не зважаючи про врожай 2024 р., коли рослини раніше досягають і дають вищі врожаї. Так,

у рослин гісопу лікарського в 2024 р. цвітіння відбувається в період 5–25 липня, а відповідно і заготівля лікарської сировини. У такі самі строки спостерігається цвітіння і на четвертий рік користування травостоєм.

Результати досліджень з впливу строків сівби на забур'яненість посівів гісопу лікарського показали, що пізній строк сівби сприяє зниженню забур'яненості його посівів (табл.1). Так, за раннього строку сівби в рік посіву забур'яненість посівів гісопу лікарського становила 276 ± 47 шт./м², а за пізнього строку сівби – знижувалася до 158 ± 35 шт./м², або на 43%. Це пояснюється додатковою боротьбою з бур'янами, оскільки в цьому випадку було проведено дискування. Тобто була знищена не лише перша хвиля бур'янів, а й друга. На другий рік користування травостоєм забур'яненість посівів знижувалася за раннього строку сівби до 60 ± 23 шт./м² і за пізнього строку сівби відповідно до 44 ± 11 шт./м² або додатково знижувалася на 72–78%. На четвертий рік користування посівами гісопу лікарського забур'яненість посівів була практично відсутня. В результаті нами була встановлена унікальна особливість гісопу лікарського перешкоджати поширенню в його посівах бур'янів, що пояснюється явищем алелопатії. Алелопатія рослин (грец. *allelon* – взаємно і *pathos* – страждання) – одна з найважливіших і характерних форм хімічного зв'язку і взаємодії рослин фітоценозу, важливий чинник, що визначає видовий склад, чисельність популяції, структуру і продуктивність фітоценозів. Термін «А.» запровадив німецький учений Г. Моліш у 1937 р. Зумовлена алелопатія виділенням рослинами в навколишнє середовище хімічних продуктів життєдіяльності, які називають по-різному: фітонциди, біоліни чи фітоліни, а найчастіше — коліни. Цю теорію розвинув фундатор сучасної алелопатії академік НАНУ Гродзінський А.М. Ним встановлено, що кількість і склад речовин, що виділяються, а відповідно і ступінь алелопатичної активності, залежать від виду, сорту, органу, фази розвитку, фізіологічного стану рослини й екологічних умов. Запропоновані різні класифікації рослинних виділень. Вченим визначено, що цією здатністю найчастіше володіють лікарські рослини [12]. Тому ця

особливість гісопу лікарського для органічного рослинництва має надзвичайно важливе значення. Вона може забезпечувати чистоту посівів гісопу лікарського як одного з важливих компонентів фітосумішей.

Слід зазначити, що у гісопу лікарського сировиною для формування фітосумішей є листки і стебла, а тому його урожайність обліковували в зеленій масі і сухій речовині (табл. 2). Гісоп лікарський у рік сівби пройшов усі фази росту і розвитку, хоча проходження фенофаз росту проходило повільніше, ніж у наступні роки. Його урожайність зеленої маси за першого строку сівби становила 7,9 т/га і в сухій речовині – 2,57 т/га. Зниження норми висівання на 25% істотно не зменшувало врожайність гісопу і становила відповідно 7,2 і 2,42 т/га, хоча тенденція до зниження урожайності і спостерігалася. Істотно не зменшувало його врожайність і за пізніших строків сівби і становила відповідно 7,1 і 2,40 т/га. Це вказує на те, що перенесення строків сівби на пізніші дає можливість додатково поборотися з бур'янами другої хвилі їх росту, не знижуючи при цьому врожайність посівної культури. У 2024 р. урожайність гісопу лікарського зростала в зеленій масі до 10,5–10,9 т/га, а вихід сухої речовини при цьому сягав відповідно 3,74–3,94 т/га або на 1,34–1,37 т/га вищий, ніж у 2023 р. Слід зазначити, що і на четвертий рік користування гісоп лікарський добре утримувався в травостої, а його врожайність була вищою, ніж в перші два роки і становила 11,3 т/га зеленої і 3,8 т/га сухої речовини. Зниження норми висівання на 25% за роки досліджень істотно не зменшувало урожайності гісопу лікарського. Це має важливе значення ресурсоощадне значення для вирощування цієї культури і здешевлення кормових добавок для годівлі тварин. Варто зауважити, що у гісопу лікарського досить високий вміст сухої речовини у фазі цвітіння гісопу (25–36%), що гарантує швидке висихання зеленої маси до необхідних величин. Виключення становив перший рік використання, коли вміст сухої речовини в зеленій масі не перевищував 20%.

За вмістом біологічно активних речовин встановлено, що головною діючою речовиною є ефірні

Таблиця 1. Забур'яненість посівів гісопу лікарського за роками користування, шт./м²

№ п/п	Вид трав	Строки сівби	Роки користування травостоєм		
			Перший (2023 р.)	Другий (2024 р.)	Четвертий (2022 р.)
1	Гісоп	Ранній 1-5 квітня	276 ± 47	60 ± 23	2
2	лікарський	Пізній 15-20 квітня	158 ± 35	44 ± 11	1

Таблиця 2. Урожайність гісопу лікарського залежно від норм висівання та строків сівби за 2022–2024 рр., т/га

№ п/п	Варіанти дослідів	Роки користування травостою		
		Перший (2023 р.)	Другий (2024 р.)	Четвертий (2022 р.)
1	Сівба 1–5 квітня повною нормою висівання (6 кг/га)	7,6/2,6	10,9/3,94	11,3/3,8
2	Сівба зі зниженням нормивисівання на 25% (4,5 кг/га)	7,2/2,4	10,5/3,75	
3	Сівба 15–25 квітня повною нормою висівання (6 кг/га)	7,1/2,4	10,6/3,74	
	НП ₀₅ по сухій речовині	0,24	0,24	0,59

Примітка. В чисельнику зелена маса, а у знаменнику суха речовина.

Таблиця 3. Хімічний склад гісопу лікарського за 2023–2024 рр.,% на суху речовину

Види трав № варіанта	Сирий протеїн	Сирий жир	Сира клітковина	Сирі БЕР	Сира Зола	Перетравність	К	Р	Са
Перший рік користування, 2023 р.									
Гісоп лікарський 1	15,7	4,6	21,4	49,4	8,9	59,6	2,66	0,90	1,45
Гісоп лікарський 3	16,1	4,3	20,8	49,9	8,92	59,8	2,75	0,84	1,37
Другий рік користування, 2024 р.									
Гісоп лікарський 1	17,3	4,26	21,1	48,6	8,71	58,3	2,55	0,88	1,26
Гісоп лікарський 3	17,7	4,43	20,6	48,4	8,88	59,3	2,88	0,89	1,38
Четвертий рік користування, 2022 р.									
Гісоп лікарський 1	15,4	3,2	21,7	51,3	8,4	62,9	2,8	0,83	1,4
Зоотехнічна норма	9–14	2–4	22–24	48–55	8–12		1–3	0,5–0,8	0,7–1,4

олії з сильним скипідарно-камфорним запахом. Так, суха маса гісопу містить ефірну олію від 0,33–0,7% до 1%, до складу якої входить тапйон, І-пінокамфон, камфен, цинеола-пінен, б – пінен. Гісоп лікарський містить у своєму складі також флавоноїди (гіпси, містери) – 0,9%, дубильні речовини, смоли, камедь, тритерпенові кислоти.

Щодо кормової цінності гісопу лікарського, то такі дослідження майже не проводилися. Однак нашими дослідженнями встановлено, що він має у своєму складі не лише БАР, а й притаманні для кормів поживні речовини повного зоотехнічного складу. Так, вміст сирого протеїну в перший рік користування становив 15,7–16,1%. На другий рік користування він підвищувався до 17,3–17,7% і на четвертий рік – знижувався до 15,4% (табл. 3).

Тобто цей вид за цим показником прирівнюється до вмісту сирого протеїну у бобових видів трав. Він має в своєму складі достатню кількість клітковини (20,6–21,7%) та БЕР (48,4–51,3%), а корм повністю забезпечений калієм, фосфором і кальцієм та має високу перетравність (59–62%). Строки сівби дещо вплинули на якість корму. Зокрема, за сівби в пізніші

строки (15–25 квітня) якість корму підвищується. Це помітно на підвищенні вмісту сирого протеїну на 0,4%, сирого жиру, сирих БЕР, перетравності корму та зниженні вмісту клітковини на 0,5–0,6%.

ВИСНОВКИ

Гісоп лікарський в рік сівби (2023 р.) пройшов усі фенофази росту і розвитку з тією різницею, що його урожайність була дещо нижчою, ніж у наступні роки. Фаза цвітіння, що збігається з календарними строками заготівлі сировини, він проходив у період з 1 по 15 серпня, а в посівах наступних років стоки настають раніше на 20–25 днів.

За раннього строку сівби в рік посіву забур'яненість гісопу лікарського становила 276 ± 47 шт./м², а за пізнього строку – зменшувалася до 158 ± 35 шт./м², або на 43%. На другий і наступні роки забур'яненість різко знижується аж до повного зникнення сегетальної рослинності внаслідок аделопатичної активності гісопу лікарського, що свідчить про високу його технологічну придатність для заготівлі сировини.

Урожайність зеленої маси в рік сівби за першого строку посіву становила 7,9 т/га і в сухій

речовині – 2,57 т/га. Зниження норми висівання на 25% та перенесення строків сівби на пізніші істотно не зменшувало урожайність гісопу і становила відповідно 7,2 і 2,42 та 7,1 і 2,40 т/га. На другий і подальші роки урожайність гісопу лікарського зростала в зеленій масі до 10,5–11,3 т/га, а вихід сухої речовини при цьому збільшувався відповідно до 3,74–3,94 т/га.

Гісоп лікарський має високу кормову цінність за рахунок високого вмісту сирого протеїну (15,4–17,7%) та достатню кількість БЕР, клітковини та повного забезпечення калієм, фосфором, кальцієм і має високу перетравність. Біологічно активними речовинами його є ефірні олії (0,3–1%), флавоноїди (гіпси, містери) – 0,9%, дубильні речовини, смоли, камедь, тритерпенові кислоти.

ЛІТЕРАТУРА

1. Поліщук А.А., Булавкіна Т.П. Сучасні кормові добавки в годівлі тварин і птиці. Вісн. Полтавської державної аграрної академії. 2010. №2. С.63–66.
2. Новаковська В.Ю., Чернолапа Л.П., Гуцол А.В., Гуцол Н.В., Килимнюк О.І. Якісний склад лікарських трав, що використовуються у годівлі сільськогосподарських тварин. *Корми і кормовиробництво*. 2022. Вип. 93. С. 115–123. DOI: <https://doi.org/10.31073/kormovyrobnytsvo.2022.93>–11.
3. Дармограй Л.М., Гутий Б.В., Дармограй О.О. Концепція антимікробної активності водного екстракту рослини *Galega orientalis* (Lam.). *Науковий вісник ЛНУВМБ імені С.З. Гжицького. Серія: Ветеринарні науки*. 2018. 20(87). С.122–125. DOI: <https://doi.org/10.15421/nvlvet.8724>.
4. Крижак Л.М., Гуцол Н.В., Мисенко О.О. Використання лікарських рослин в якості біологічно-активних добавок у тваринництві. *Корми і кормовиробництво*. 2020.90. С.134–144. DOI:10.31073/kormovyrobnytsvo202090-12.
5. Shtakal, M., Tkachenko, M., Kolomiets, L., Holyk, L., Ustyomenko, O. Economic and biological value of medicinal and fodder herbs for feed production. *Scientific Horizons*. 2023. 26(7). P. 45–53. DOI: <https://doi.org/10.48077/scihor7.2023.45>.
6. Штакал М.І. Коломієць Л.П., Голик Л.М., Штакал В.М. (2022) Перспективність використання лікарсько-кормових трав для виробництва органічних кормових добавок. Зб. ННЦ «ІЗ НААН» *Землеробство та рослинництво: наука і практика*. 2022. Вип. 1(3). С. 34-40. DOI: <https://doi.org/10.54651/agri.2022.01.04>.
7. Алексеев І.С. (2013) Повний атлас лікарських рослин. Донецьк. ТОВ «Глорія Трейд», 2013. 400 с.
8. Костюк Л. А., Рахметов Д.Б. Інтродукція *Nysosorus officinalis* L. у ботанічному саду Житомирського національного агроекологічного університету. *Науковий вісник НУБП України. Сер. Лісівництво та декоративне садівництво*. 2012. Вип. 171, ч. 1. С. 101–105.
9. Бабич А.О., і ін. Методика проведення дослідів з кормовиробництва і годівлі тварин. Київ: Аграрна наука, 1998. 98 с.
10. Державна Фармакопея України. Державне підприємство «Український науковий фармакопейний центр якості лікарських засобів». 2-ге вид. Харків: Державне підприємство «Український науковий фармакопейний центр якості лікарських засобів», 2015. 336 с.
11. European pharmacopeia: 7.0. 2010. Strasbourg, France, vol. 1. 1297 p.
12. Гродзінський А.М. Лікарські рослини. Енциклопедичний довідник. — Київ: Гол. Ред. УРЕ, 1990. 544 с.

REFERENCES

1. Polishchuk A.A., Bulavkina T.P. (2010). Modern feed additives in feeding animals and poultry. *Visn. Poltava State Agrarian Academy*, 2, 63–66 [in Ukrainian].
2. Novakovska V.Iu., Chornolapa L.P., Hutsol A.V., Hutsol N.V., Kylymniuk O.I. (2022). Quality composition of medicinal herbs used in feeding farm animals. *Fodder and fodder production*, 93, 115–123. DOI: <https://doi.org/10.31073/kormovyrobnytsvo.2022.93-11> [in Ukrainian].
3. Darmohrai L.M., Hutyi B.V., Darmohrai O.O. (2018). The concept of antimicrobial activity of the aqueous extract of the plant *Galega orientalis* (Lam.). *Scientific Bulletin of the LNUVMB named after S.Z. Gzhiytskyi. Series: Veterinary Sciences*. 20(87). p. 122–125. DOI: <https://doi.org/10.15421/nvlvet.8724>. [in Ukrainian].
4. Kryzhak L.N., Gutsol N.V., Mysenko O.O. (2020). The use of medicinal plants as biologically active additives in livestock production. *Feeds and Feed Production*, 90, 134–144. DOI:10.31073/kormovyrobnytsvo202090-12 [in Ukrainian].
5. Shtakal, M., Tkachenko, M., Kolomiets, L., Holyk, L., Ustyomenko, O. (2023). Economic and biological value of medicinal and fodder herbs for feed

- production. *Scientific Horizons*, 26(7), 45–53. DOI: <https://doi.org/10.48077/scihor7.2023.45>.
6. Shtakal M.I., Kolomiets L.P., Holyk L.M., Shtakal V.M. (2022). Prospectivity of use of medicinal and feed grass for production of organic feed additives for animal feeding. *Agriculture and Plant Sciences: Theory and Practice*, (1), 34–40. DOI: <https://doi.org/10.54651/agri.2022.01.04> [in Ukrainian].
 7. Alekseev I.S. (2013). *Povnyi atlas likarskikh roslin*. Donetsk. TOV «Gloriya Treid». 400p. [in Ukrainian].
 8. Kostiyk L.A., Rakhmetov D.B. (2012). Introduktsiya *Hyssopus officinalis* L. U botanichnomu sadu Zhytomyrskogo nationalogo agroekologichnogo university. *Naukoviya visnik NuBP Ukraini. Ser. Lisivnitstvo ta dekorativne sadivnitstvo*, 171, 1, 101–105 [in Ukrainian].
 9. Babych A.O., et al. (1998). *The Research Technique of Forage Production and Feeding Animals*. Kyiv. «Agrarna nauka». 98 p. [in Ukrainian].
 10. State Pharmacopoeia of Ukraine. (2015). State enterprise «Ukrainian Scientific Pharmacopoeia Center for the Quality of Medicinal Products». 2nd edition Kharkiv: State enterprise «Ukrainian Scientific Pharmacopoeia Center for the Quality of Medicinal Products». 336 p. [in Ukrainian].
 11. European pharmacopoeia: 7.0. (2010). Strasbourg, France, vol. 1. 1297 p.
 12. Grodzinskiy A.M. (1990). *Likarski roslini*. Entsiklopedichniyi dovidnik. –K.: Golov. Red. Ure. 544p. [in Ukrainian].

Loburets A.O., Shtakal M.I.

Creation of grass stands of hyssop officinalis for use as natural animal growth stimulators

Aim. To establish the biological features of the growth and development of *Hyssopus officinalis*, its productivity and chemical composition and technological suitability for use as components of phytomixtures for the purpose of forming organic feed additives for animal feeding. **Methods.** Field, laboratory, analytical, mathematical and statistical. **Results.** At an early sowing date in the year of sowing, the weed infestation of the hyssop crops was higher than at a late sowing date by 43%, which is explained by the destruction of the first and second waves of weeds by disking. In the second and subsequent years, the weed infestation sharply decreases until the complete disappearance of the segetal vegetation due to the allelopathic activity of hyssop. The yield of dry mass of hyssop in the year of sowing for the first sowing date was 2.57 t/ha. Reducing the sowing rate by 25% and later sowing dates did not significantly reduce the yield of hyssop, which was 2.42–2.40 t/ha, respectively. In the second and subsequent years, the yield of hyssop increased, respectively, to 3.74–3.94 t/ha. Its productivity of green mass, under the conditions of four-year use of sowing, is 7.0–11.3 t/ha and dry mass – 2.57–3.94 t/ha, respectively. The raw protein content of hyssop was on average 15.9%. It contains a sufficient amount of fiber and BER, and the feed is fully supplied with potassium, phosphorus and calcium and has good digestibility. Biologically active substances of hyssop are essential oil 0.3–1.0%, flavonoids – 0.9%, tannins, resins, gum, triterpene acids. **Conclusions.** Hyssop, having a high yield, is technologically suitable for the preparation of raw materials and the formation of phytomixtures in the feeding of farm animals to obtain organic livestock products. Its biologically active substances are essential oils, flavonoids, vitamins, tannins, etc.

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

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

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

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

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

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

Надійшла 03.01.2025

ВПЛИВ БІОПРЕПАРАТІВ НА ФОРМУВАННЯ АСИМІЛЯЦІЙНОГО АПАРАТУ І ЙОГО ПРОДУКТИВНОСТІ В ПОСІВАХ ГРЕЧКИ ЗА ОРГАНІЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА**Р.Є. Грищенко, В.К. Терещенко**

ННЦ «ІЗ НААН» (с-ще Чабани, Україна)

Мета. Встановити вплив мікробіологічного препарату та антидепресанту на формування асиміляційного апарату гречки, на величину фотосинтетичного апарату, на чисту продуктивність фотосинтезу в технології вирощування за органічного землеробства, а також виявити дію ефективного поєднання. **Методи.** Під час проведення досліджень застосовували польовий метод, лабораторний, розрахунковий статистичний. За допомогою цих методів було здійснено визначення площі листкового апарату, ФП, ЧПФ, сухої маси та врожайності. **Результати.** Дослідження проведені протягом 2021–2023 рр. на полях відділу технологій зернобобових, круп'яних і олійних культур ННЦ «ІЗ НААН» на темно-сірих опідзолених ґрунтах. Досліджено динаміку формування асиміляційної поверхні гречки сорту Син 3/02 в умовах Північного Лісо-степу за вирощування її в органічному виробництві. З'ясували позитивний вплив застосування бактеризації насіння перед сібною азотфіксувальними та фосфатмобілізуючими бактеріями (препарат Азогран нано) на наростання асиміляційної поверхні культури. Дослідження показали, що позитивно на цей показник впливало і позакореневе обприскування антистресовим препаратом Мегафол на IV етапі органогенезу та поєднання бактеризації з обприскуванням. **Висновки.** Згідно з результатами досліджень нами встановлено, що найбільш сприятливі умови за застосування мікробних препаратів у технології вирощування гречки за органічного виробництва, створювалися на фоні сидерації з бобової культури, за комплексної дії препарату Азогран нано (оброблення насіння азотфіксувальними та фосфатмобілізуючими бактеріями) сумісно з застосуванням препарату Мегафол. Таке сумісництво сприяло нарощуванню максимальної асиміляційної поверхні рослин на 60% і кращої її роботи : ФП становив 1,98 млн.м²/га за добу, а ЧПФ – було більш стабільним протягом вегетації – 6,91 і 5,6 г/м² за добу. Визначено параметри роботи асиміляційної поверхні гречки за бактеризації насіння, яка впливала на наростання листкової поверхні збільшуючи її, порівняно з контрольним варіантом на 6,4 тис.м²/га у період від сходів до бутонізації, на 9,3 тис.м²/га у міжфазний період бутонізація – цвітіння і у фазі цвітіння – дозрівання – на 12,4 тис.м²/га. Також передпосівна бактеризація насіння препаратом Азогран нано спонукала ценоз гречки до підвищення показника ФП до 1,91 млн м²/га за добу, на контрольному варіанті – показники були 1,3 млн м²/га за добу, та майже вдвічі показник ЧПФ – 4,88 г/м² за добу.

Ключові слова: асиміляційна поверхня, бактеризація, дослідження, мікробіологічний препарат, антидепресант, фотосинтетичний потенціал, чиста продуктивність фотосинтезу.

Вступ. Сучасне сільське господарство дедалі більше орієнтується на пошуку екологічно безпечних технологій вирощування сільськогосподарських культур. Одним із перспективних напрямів є органічне землеробство, метою якого є одержання продукції, що не містить залишків хімічних препаратів, збереження ґрунтової родючості та охорони навколишнього середовища. Ідея органічного виробництва полягає у повній відмові від

застосування мінеральних добрив, отрутохімікатів та генетично модифікованих організмів, а передбачає удобрення рослин та підтримання родючості ґрунту переважно органічними добривами [1; 2]. Важливе значення надається сівозмінам, які насичують багаторічними бобовими та злаковими культурами. Для захисту рослин пропонується використовувати переважно профілактичні, механічні та біологічні методи [3].

Вирощування сільськогосподарських культур за органічного виробництва спричинятиме зниження урожайності, оскільки головним фактором підвищення урожайності є застосування мінеральних добрив. Для досягнення високої продуктивності рослин потрібно, щоб рослини були забезпеченні елементами живлення. Альтернативою азоту мінеральних добрив є азот біологічного походження, який рослина отримує завдяки асоціативній взаємодії з азотфіксуювальними мікроорганізмами. Однак треба пам'ятати, що бактеризація неспроможна повністю замінити мінеральні добрива. Більш висока ефективність бактеризації за забезпечення рослин азотом, фосфором і калієм з органічних добрив [3].

Наразі існує багато бактеріальних препаратів на основі азотфіксуювальних мікроорганізмів, які володіють комплексом корисних для рослин властивостей; збагачують ґрунт біологічним азотом, покращують азотне живлення, стимулюють ріст і розвиток рослин та захищають їх від фітопатогенів. У контексті органічного землеробства, яке виключає застосування синтетичних добрив та пестицидів, роль біопрепаратів є особливо важливою [4].

Важливого значення органічне землеробство набуло під час військового стану і ще більшого набуде після його закінчення, оскільки зменшилось виробництво органічних та мінеральних добрив і зросла, відповідно, їх кошторисна вартість.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Гречка (*Fagopyrum esculentum Moench*) є цінною зерновою культурою, що відзначається високими харчовими та лікувальними властивостями [5]. Водночас її вирощування в органічних системах землеробства пов'язано з певними труднощами, зокрема через низький рівень природної родючості ґрунту та конкуренцію з бур'янами. Вирішення цих проблем можливе завдяки застосуванню біопрепаратів, які позитивно впливають на фізіологічні процеси в рослинах, зокрема на формування асиміляційної поверхні, що є ключовим фактором фотосинтетичної активності та врожайності [6].

Дослідження впливу біопрепаратів на фізіологічні характеристики рослин гречки в умовах органічного землеробства залишаються актуальними через необхідність розробки адаптивних технологій вирощування. Займались вивченням цього питання вчені В.П. Деревянський і М.М. Сучек на Хмельницькій дослідній станції в умовах Правобережного Лісостепу України, де вивчали вплив різних

типів біопрепаратів на формування асиміляційної поверхні, фотосинтетичну активність і продуктивність у технологіях вирощування гречки, проса, сорго зернового та соризу і з'ясували, що такий захід сприяє поліпшенню кореневого живлення рослин, підвищенню врожайності та якості продукції, що дає можливість оцінити їхню ефективність у забезпеченні сталого виробництва в органічних системах [7].

Встановлено можливість застосування мікробних препаратів у технології вирощування гречки науковцями Уманського національного університету садівництва. Ними з'ясовано залежність формування площі листової поверхні гречки від застосування препарату Діазобактерину (обробка насіння) і Радостиму (обприскування по вегетуючих рослинах). А комплексне їх застосування оптимально впливає на проходження обмінних процесів у рослин, збільшуючи площу листового апарату на 18–22%, а урожайність культури на 0,41–0,43 т/га порівняно до контролю [12].

Позитивний ефект від обробки насіння проса мікробними препаратами Хетомік та Гумісол Плюс спостерігається у дослідженнях С.Каленської і В. ерній на чорноземі типовому малогумусному. Було з'ясовано, що цей чинник поліпшує живлення рослин та підвищує їх стійкість до стресових ситуацій навколишнього середовища, а також позитивно впливає на продуктивність культури. Інокуляція насіння препаратом Хетомік підвищила врожайність культури на 8,4–13,5%, а Гумісолом Плюс – на 9,2–12,4% [8].

Після проведення досліджень із біопрепаратами на зернових культурах в Миколаївській обл., вчені рекомендують перед сівбою обробити насіння ячменю ярого препаратом Азотофіт-р, оскільки цей захід позитивно впливає на якісні показники зерна [9].

Згідно з наведеними висновками, слід врахувати ці чинники, які впливають на створення сприятливих умов для росту і розвитку сільськогосподарських рослин і з'ясувати їх дію за вирощування гречки в органічному виробництві.

Мета досліджень. З'ясувати особливості формування асиміляційного апарату та його продуктивність залежно від застосування мікробних препаратів у технології вирощування гречки за органічного землеробства.

Матеріали та методи досліджень. Дослідження проводили у польовому довгостроковому досліді, закладеному на полях відділу технологій

зернобобових, круп'яних і олійних культур ННЦ «ІЗ НААН» на темно-сірих опідзолених ґрунтах. Вміст гумусу в 0–20 см шарі ґрунту становить (за Тюри-ним) – 1,49–1,71%, рН сольовий – 5,2–5,7, азоту, що гідролізується (за Корнфілдом) – 68,6–78,4 мг/кг, рухомих форм фосфору та калію (за Чириковим) – 140,0–160,0 та 55–70 мг/кг ґрунту відповідно, гідролітична кислотність – 1,37–1,50 мг-екв./100 г ґрунту, сума вбирних основ – 13,4–16,3 мг-екв./100 г ґрунту.

Програма досліджень із розроблення нових елементів технологій вирощування гречки у системі органічного землеробства передбачала закладку дослідів, в якому вивчали дію бактеріального препарату, застосування препарату антистресової дії на фоні сидерації, на формування асиміляційного апарату та його продуктивність.

Попередником гречки був горох, який вирощували на сидерат. Горох, як сидеральна культура, цікава тим, що в симбіозі з бактеріями фіксує азот із атмосферного повітря і накопичує велику надземну масу вже до кінця травня. Сидеральна культура висівалася як рання культура. За настання фази цвітіння проводилось подрібнення стебел дисковими знаряддями. Протягом літа здійснювалось дворазове дискування, а потім оранка.

Висівали гречку широкорядним способом із шириною міжрядь 45 см та нормою висіву 2,5 млн схожих зерен. Розміри посівної ділянки в польових дослідіах 25–50 м² за 3-разового повторення. Сорт гречки – Син 3/02.

Схема дослідів включала варіанти: без обробки насіння (контроль); обробка насіння препаратом Азогран нано (азотфіксувальні та фосфатмобілізувальні бактерії) – в кількості не більше 2% від ваги насіння; обробка насіння препаратом Азогран нано з подальшим позакореневим підживленням препаратом антистресової дії Мегафол (1,5 л/га); позакореневе підживлення рослин препаратом Мегафол на IV етапі органогенезу.

Весняний обробіток ґрунту розпочинався із ранньовесняного боронування. З появою фази бур'янів «білої ниточки» проводили одну (за сухої весни) або дві культивачії. Передпосівну культивачію здійснювали на глибину загортання насіння комбінованими агрегатами.

Найбільш ефективним способом боротьби бур'янами в період вегетації були рихлення міжрядь, які зменшили їх чисельність до 6–8 разів. Перший міжрядний обробіток проводили в період повних

сходів на глибину 3–4 см лапами-бритвами з захисною смугою вздовж рядків, щоб не пошкоджувалися недостатньо укорінені сходи. Другий – під час появи другої хвилі бур'янів і ущільнення ґрунту з одночасним підгортанням рослин.

Нанокмпозитний комплексний бактеріальний препарат Азогран нано виготовлений на основі взаємодії селекціонованих високоактивних штамів азотфіксувальних бактерій *Azotobacter vinelandii* і фосфатмобілізувальних бактерій *Bacillus subtilis* з наночастками бентоніту. Чисельність життєздатних бактерій у 1 мл препарату становила: *Azotobacter vinelandii* ІМВ В-7076- $1,2 \cdot 10^7$ кл.; *Bacillus subtilis* ІМВ В-7023- $1,7 \cdot 10^7$ кл. Розроблений Інститутом мікробіології і вірусології ім. Заболотного НАН України [10].

Мегафол – антистресовий агрохімікат, вироблений із рослинних амінокислот. Амінокислоти і бетаїн в особливому поєднанні з іншими сполуками стимулюють фізіологію і ріст рослин, забезпечуючи готовим енергетичним резервом біологічні процеси в стресових ситуаціях (заморозки, висока температура, хімічний опік). За поєднання з листовими підживленнями Мегафол розширює температурні межі їх ефективності, підвищує здатність засвоєння елементів живлення [11].

У відсотковому співвідношенні має: амінокислоти – 28%; азоту – 2,0%; калію – 8%; органічного вуглецю – 9%.

Уроки досліджень погодинні умови були сприятливими для вирощування гречки. У вегетаційному 2021 р. цвітіння гречки проходило в посушливих умовах. Сума ефективних температур становила 233,7°C, а сума опадів лише 3,8 мм, ГТК=0,16. Плодоутворення і дозрівання проходили за надмірної вологості; ГТК=1,6. Це явище подовжило і вегетаційний період культури і час збирання урожаю.

Погодинні умови 2022 р. були сприятливими для вирощування гречки. Лише період сівба-сходи характеризувався не достатньою кількістю опадів (4,4 мм) і незначним підвищенням температури повітря. В подальшому погодинні умови були сприятливі для росту і розвитку гречки і дали змогу дозріти і одержати високий урожай.

Перша декада травня 2023 р. була прохолодною (температура повітря становила 12,1°C за норми 14,2°C) та посушливою (випало 0,4 мм опадів за норми 15,9 мм). Цвітіння проходило в липні за наявності опадів (136,8 мм), ГТК становив 1,98, що констатує

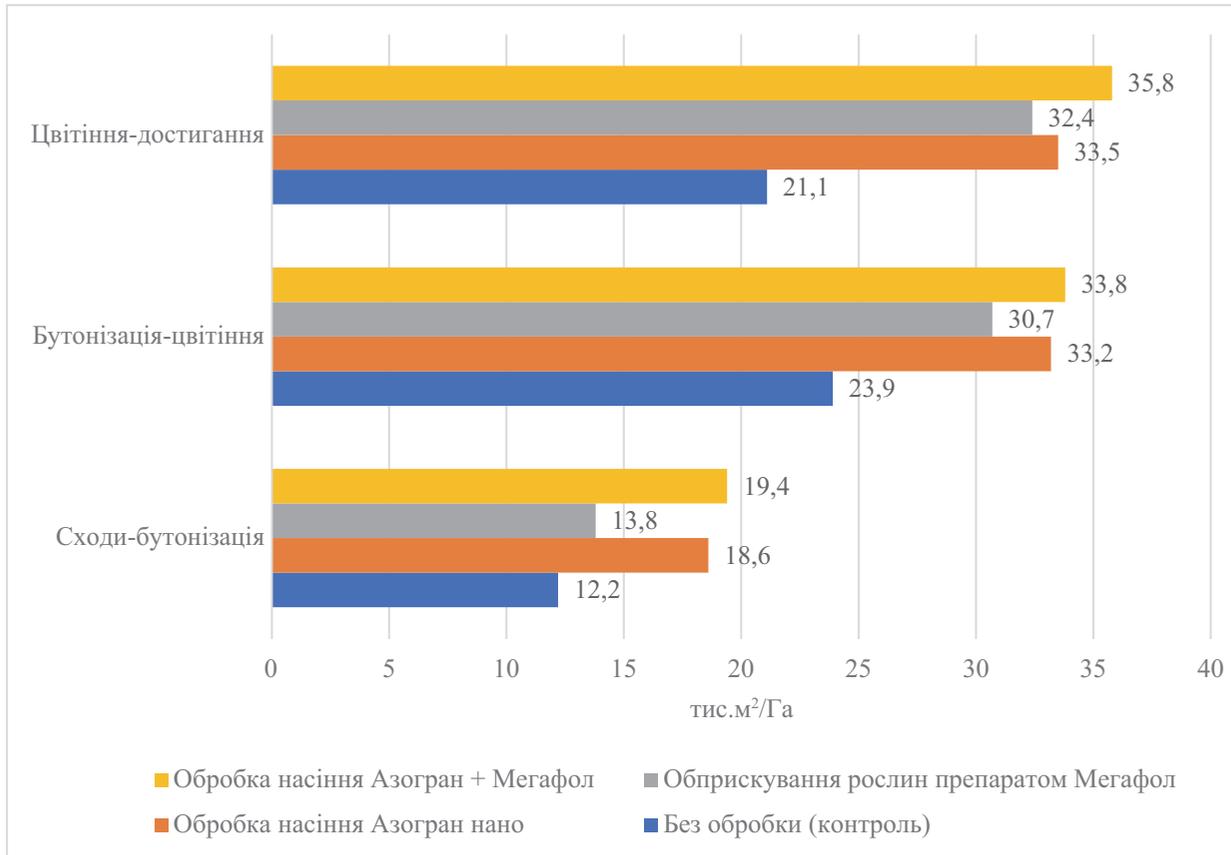


Рис.1. Динаміка зміни асиміляційної поверхні гречки залежно від застосування препаратів, тис.м²/га, середнє за 2021–2023 рр.

дуже волого. А температурний режим був сприятливим, в межах багаторічних даних – 21,9°C. Формування врожаю проходило в сприятливих температурних умовах – 22,8°C за норми 21,8°C і помірної вологості – 13,6 мм. За вегетацію ГТК = 0,89 (слабка посушливість).

Результати та їх обговорення. Відомо, що головна роль в утворенні врожаю належить фотосинтезу, як єдиному джерелу накопичення органічних речовин, що становлять близько 95% сухої маси рослини. Головний орган фотосинтезу – листок. Тому всі складові технології вирощування гречки в системі органічного землеробства спрямовані на створення найсприятливіших умов для формування фотосинтетичного апарату. Управляти процесом живлення рослин в органічному землеробстві можливо за допомогою застосування відповідних прийомів – це обробляння насіння перед сівбою, позакоренеve підживлення рослин за фазами вегетації завдяки рослинній діагностиці. Позитивний вплив такого живлення на фотосинтетичну поверхню посівів зводиться до збільшення площі і кількості утворених у процесі фотосинтезу органічних речовин урожаю. В наших дослідженнях наростання площі листкової

поверхні посівів гречки значною мірою залежало від чинників, які вивчали. Було виявлено значний вплив препаратів на формування площі листкової поверхні посівів (рис.1).

Проведеними дослідженнями встановлено, що передпосівна бактеризація насіння азотфіксувальними та фосфатмобілізувальними бактеріями (препаратом Азогран нано), збільшує листову поверхню, порівняно з контрольним варіантом на 6,4 тис.м²/га у період від сходів до бутонізації, на 9,3 тис.м²/га у міжфазний період бутонізація - цвітіння і у фазі цвітіння – дозрівання були одержані показники вищими – на 12,4 тис.м²/га (див. рис. 1).

Найкращі умови для росту і розвитку листкової поверхні від сходів до фази бутонізації склалися у варіанті, де на фоні обробки насіння і обприскування рослин препаратом антистресової дії ценоз гречки був розміром 19,4 тис.м²/га. Саме така модель технології найбільше впливала на ріст і розвиток гречки і, відповідно, на нарощування листкової поверхні, яка була найвищою у всі фази розвитку і мала показники 33,8 і 35,8 тис.м²/га, що на 40–60% більше контрольного варіанта.

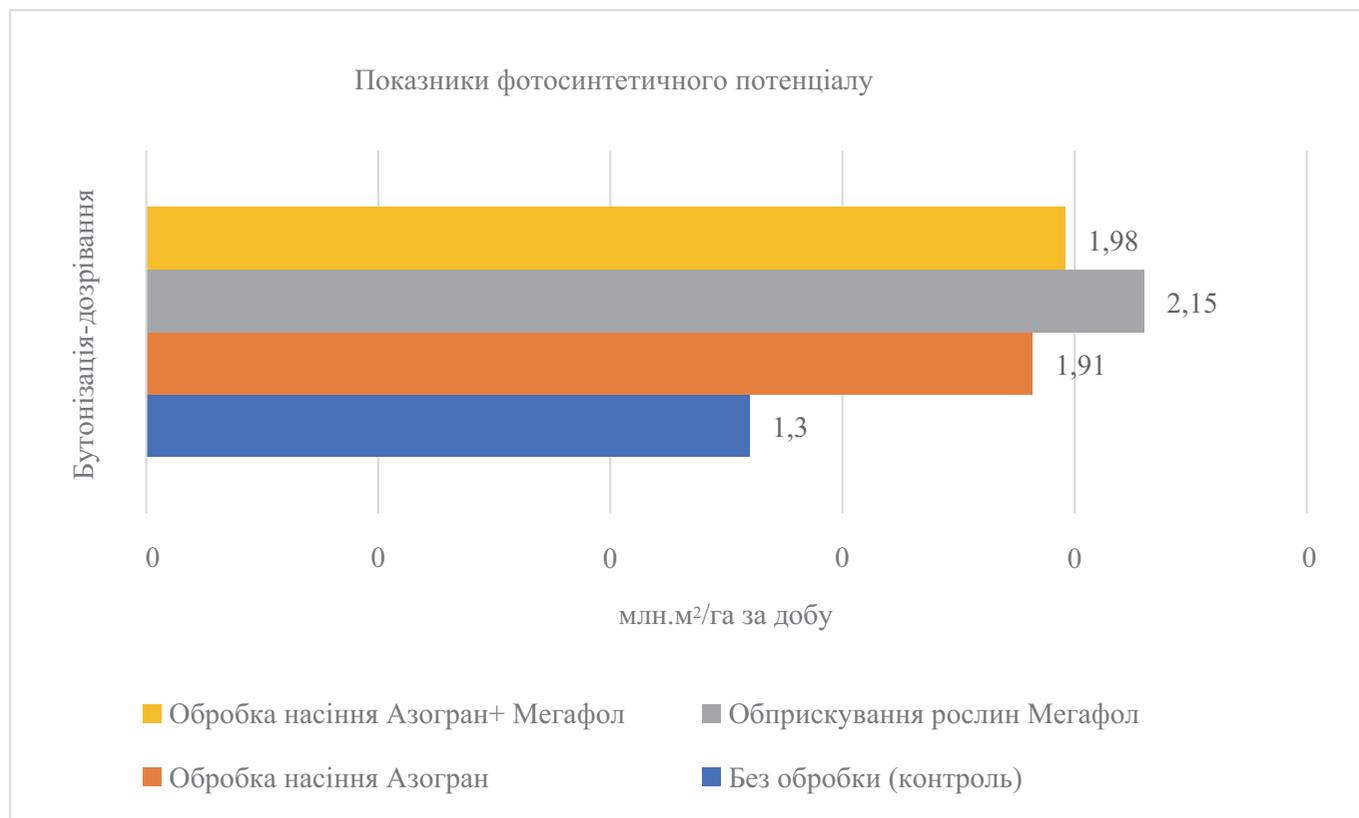


Рис. 2. Показники фотосинтетичного потенціалу (млн м²/га за добу) посівів гречки, середнє за 2021–2023 рр.

За результатами аналізу отриманих даних встановлено тісний кореляційний зв'язок між урожайністю й листовою поверхнею у фазі цвітіння–достигання. Коефіцієнт кореляції на рівні $r = 0,91$.

Згідно з нашими дослідженнями, величина асиміляційного апарату гречки зростала від фази сходів–бутонація до фази достигання у всіх варіантах. У гречки є така особливість, що у фазі достигання, навіть за скошування її у валки, ще має зелене стебло і зелене листя, особливо у вологе літо, тоді як усі інші зернові за достигання мають суху соломину.

Щоб визначити тривалість роботи площі листової поверхні посіву гречки вираховували фотосинтетичний потенціал. Фотосинтетичний потенціал (ФП) – це показник, що визначає тривалість роботи площі листової поверхні посівів гречки. Значення його залежить від асиміляційного апарату та тривалості міжфазних періодів росту й розвитку культури (рис. 2).

Згідно з проведеними нами дослідженнями відмічено, що фотосинтетичний потенціал на посівах гречки в органічному землеробстві знаходився в межах 1,30 – 2,15 млн м²/га за добу. Аналізуючи дані таблиці, ми зауважили, що фактори, поставлені на вивчення, здійснювали вплив на формування ФП посіву гречки. Отже, передпосівна бактеризація

насіння препаратом Азогран nano спонукала ценоз гречки до підвищення показника ФП до 1,91 млн м²/га за добу, а бактеризація з подальшою позакореневою обробкою рослин препаратом Мегафол – до 1,98 млн м²/га за добу за показників контрольного варіанта – 1,30 млн м²/га за добу. Максимальні величини ФП (2,15 млн м²/га за добу) одержали за застосування препарату – біостимулятор Мегафол.

У статті Ю. Мащенко наголошувалось, що фотосинтетична діяльність агроценозу вважається оптимальною за показника понад 1,6 млн м² днів/га, коли посів вегетує 80 днів. За формування ФП 1,5 млн м² днів/га та накопиченні 5–6 т/га сухої біомаси посіви вважаються середніми.

Тіснішу кореляційну залежність урожайності відмічено з показником ФП, за якої коефіцієнт кореляції мав значення $r = 0,93$. Тісний кореляційний зв'язок між ФП і накопиченням сухої речовини і становив $r = 0,82$.

Отже, згідно з результатами наших досліджень виявлено, що найбільш сприятливі умови для формування (ФП) гречки були за вирощування її за моделлю технології із застосуванням біостимулятора Мегафол, а також оптимальними завдяки препарату Азогран nano.

Найбільш важливою складовою визначення ефективності роботи фотосинтетичного потенціалу

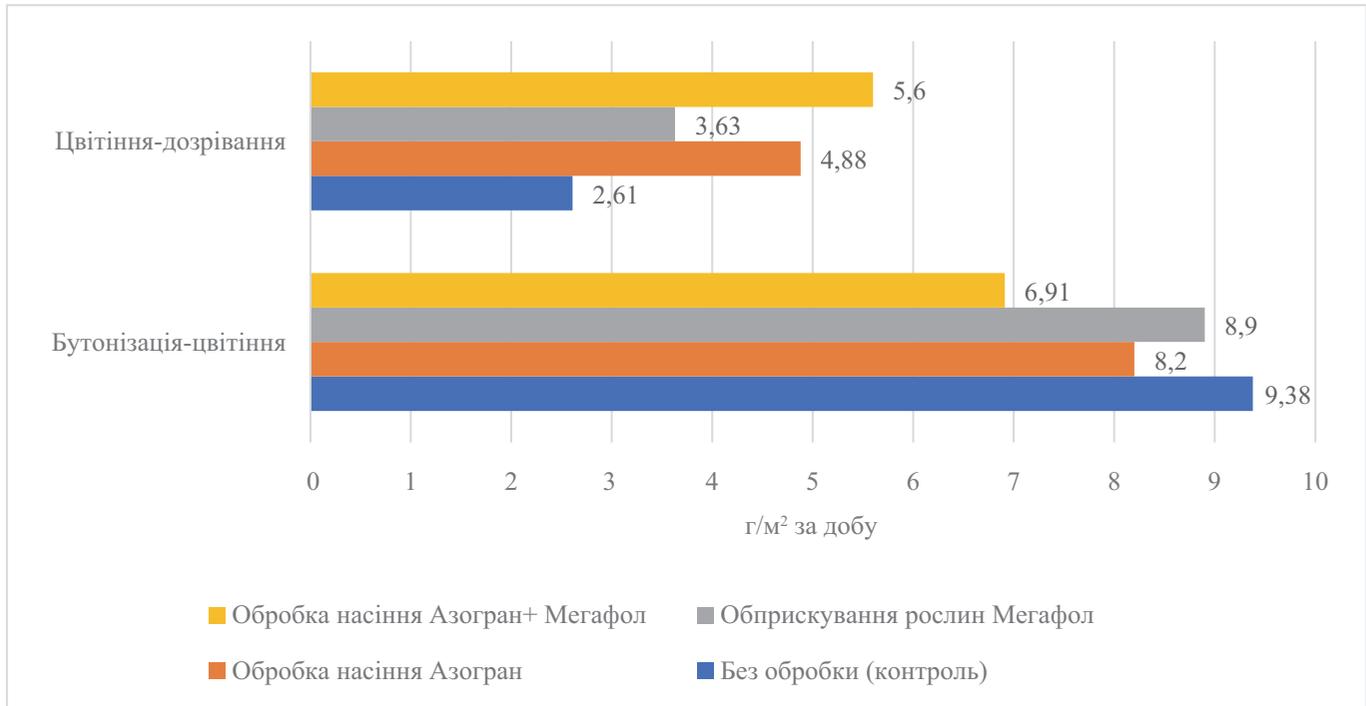


Рис. 3. Зміна чистої продуктивності фотосинтезу ($г/м^2$ за добу) посівів гречки за дії препаратів, середнє за 2021–2023 рр.

рослин (ФП) є визначення чистої продуктивності фотосинтезу (ЧПФ), який характеризує продуктивність фотосинтетичної роботи кожної одиниці асиміляційної поверхні посіву.

За даними наших результатів виявлено, що нагромадження поживних речовин було максимальним у період сходи – бутонізація – цвітіння, інтенсивність накопичення органічної речовини знижувалася у фазі цвітіння–дозрівання. Така закономірність пояснюється тим, що на початкових етапах росту площа листової поверхні гречки незначна, відсутнє взаємне затінення, що впливає на інтенсивність протікання фотосинтезу. У зв'язку з тим, що у гречки фази росту і розвитку накладаються один на один, площа листової поверхні збільшується до фази дозрівання і нижній ярус листків затінюється. Цей чинник впливає на зменшення чистої продуктивності посіву наприкінці вегетації (рис. 3). Наведені дані досліджень показують, що у фазі бутонізація–цвітіння показники ЧПФ посіву гречки були на рівні 6,91 – 8,90 $г/м^2$ за добу і вищими (9,38 $г/м^2$ за добу) були у контрольному варіанті, де була найкраща освітленість листової поверхні.

Істотний вплив на формування чистої продуктивності фотосинтезу мали фактори, що поставлені на вивчення, у період цвітіння–дозрівання. В контрольному варіанті були одержані вже найнижчі показники ЧПФ – 2,61 $г/м^2$ за добу. Бактеризація

насіння сприяла збільшенню цього показника майже вдвічі (4,88 $г/м^2$ за добу). Максимальні значення ЧПФ (5,6 $г/м^2$ за добу) були одержані за сумісного використання бактеризації насіння і позакореневого оброблення препаратом Мегафол.

Відмічено тісну кореляційну залежність урожайності з показником ЧПФ, за якої коефіцієнт кореляції мав значення $r = 0,76$, а також із накопиченням сухої речовини і становив у наших дослідженнях $r = 0,82$. А найбільш тісний кореляційний зв'язок був із площею листків у ценозі гречки і мав показники $r = 0,93$.

Наростання листової поверхні та надземної маси істотно впливало на вміст сухої речовини, максимальне накопичення якої відмічено у варіантах із застосуванням мікробіологічного препарату. Процес утворення та накопичення сухої речовини є інтегральним показником усіх фізіологічних та біохімічних процесів, що відбуваються в рослинному організмі.

Найбільшу масу сухої речовини формували посіви у фазі дозрівання. У контрольному варіанті вона становила 6,32 т/га сухої речовини. Застосування бактеризації насіння препаратом Азогран nano сприяло збільшенню цього показника вдвічі. А бактеризація з подальшим обприскуванням вегетуючих рослин препаратом Мегафол до 109%. За обприскування рослин одним антидепресантом накопичення сухої речовини було нижчим і сягало 9,24 т/га.

Таблиця 1. Динаміка зміни накопичення сухої речовини посівів гречки залежно від системи удобрення, т/га, середнє за 2021–2023 рр.

Варіант	Фази розвитку			Урожайність
	Сходи – бутонізація	Бутонізація – цвітіння	Цвітіння – достигання	
Без обробки (контроль)	0,86	3,74	6,32	1,39
Обробка насіння Азогран нано	1,57	5,18	12,34	2,24
Обприскування рослин препаратом Мегафол	0,83	4,12	9,24	2,49
Обробка насіння Азогран + Мегафол	1,49	4,62	13,21	2,52
НІР _{0,5}	0,901	1,703	2,403	0,432

Згідно з кореляційним аналізом встановлено тісний зв'язок між урожайністю і накопиченням сухої речовини у міжфазний період цвітіння – дозрівання гречки, який становить: $r = 0,79$.

Висновки

Отже, нами встановлено, що найбільш сприятливі умови за застосування мікробних препаратів у технології вирощування гречки за органічного виробництва, створювалися насамперед на фоні сидерації з бобової культури, та за комплексної дії препарату Азогран нано (обробляння насіння азотфіксувальними

та фосфатмобілізуючими бактеріями) сумісно з застосуванням препарату Мегафол. Таке поєднання сприяло нарощуванню максимальної асиміляційної поверхні рослин на 60% і кращої її роботи: ФП становив 1,98 млн м²/га за добу, накопичення сухої речовини було більшим більш як удвічі, а ЧПФ – було більш стабільним протягом вегетації – 6,91 і 5,6 г/м² за добу.

Створення оптимальних умов живлення є важливим чинником, що позитивно впливає на фотосинтетичну діяльність посівів гречки і є обов'язковою умовою високої продуктивності рослин.

ЛІТЕРАТУРА

1. Камінський В.Ф. Наукові засади біологічного землеробства в умовах змін клімату. *Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства НААН»*. 2016. Вип. 1. С. 3–5.
2. Петриченко В.Ф., Камінський В.Ф. Наукове забезпечення та перспективи органічного землеробства в Україні. Поєднання науки, освіти, практичного виробництва і реалізація якісної органічної продукції. Київ, 2013. С. 3–15.
3. Стецишин П.О., Пиндус В.В., Стецишин П.О., Рекутенко В.В. Основи органічного виробництва. Вінниця: Нова Книга, 2011. 552 с.
4. Остапчук М.О., Поліщук І.С., Мазур В.І. Мікробіологічні препарати – складова органічного землеробства. *Зб. н. праць ВНАУ. Землеробство*.
5. Алексеева О.С., Тараненко Л.К., Малина М.М. Генетика, селекція і насінництво гречки. Київ: Вища школа, 2004. 214. С. 2011. № 7 (47). С.11-16
6. Мойсієнко В.В., Тимошук Т.М., Панчишин В.З. Формування продуктивності гречки залежно від позакореневого підживлення. *Землеробство та тваринництво: теорія і практика*. 2023. №2 (8). С. 63–72.
7. 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.
8. Каленська С.М. Передумови органічного вирощування проса. Органічне виробництво і продовольча безпека: Зб. матеріалів доп. учасн. IV міжнар. наук.-практ. конф. Житомир: Євенок О.О., 2016. С. 286–291.
9. Смірнова І.В., Бульба І.О. Вплив мінеральних добрив та передпосівної обробки насіння біопрепаратами на продуктивність ячменю ярого. Сучасні технологічні аспекти виробництва зерна та переробки с.-г. продукції: матеріали Міжн. наук. конф. з нагоди 100-річчя доктора с.-г. наук, професора. Пікуша Г.Р. (20-21 березня 2024 р. м. Дніпро) Дніпро: ДУ ІЗК НААН, 2024. С.173–176.
10. Курдиш І.К. Комплексний бактеріальний препарат Азогран для рослинництва. *Посібник українського хлібороба*. 2017. Т. 1. С. 234-235.
11. Добриво Мегафол Вал агро. URL: <https://agrolife.ua/megafol-valagro.html>.

12. Карпенко В.П., Притуляк Р.М., Даценко А.А. Формування площі листкового апарату й урожайності посівів гречки в умовах Правобе-

режного Лісостепу України. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2020. № 1. С.17–20.

REFERENCES

- Kaminskyi, V.F. (2016). Naukovi zasady biologichnogo zemlerobstva v umovah zmin klimatu [Scientific principles of biological farming in the context of climate change]. *Collection of scientific papers of the Institute of Agriculture of NAAS, 1*, 3–15 [in Ukrainian].
- Petrychenko, V.F., Kaminskyi, V.F. (2013). Naukove zabezpechennia ta perspektivi organichnogo zemlerobstva v Ukraini. Poednannia nauki, osviti, praktynogo virobnytstva i realizacia yakisnoi organichnoi produktsii [Scientific support and prospects of organic farming in Ukraine. Combination of science, education, practical production and sale of quality organic products]. P. 3–15 [in Ukrainian].
- Stetsyshyn P.O., Pindus V.V., Stetsyshyn P.O., Reutenko V.V. (2011). Osnovy organichnogo virobnytstva [Fundamentals of organic production]. Vinnytsia: Nova Knyha, 552 p. [in Ukrainian].
- Ostapchuk M.O., Polishchuk I.S., Mazur V.I. Mikrobiologichni preparaty – skladova organichnogo zemlerobstva [Microbiological preparations – a component of organic farming]. *Collection of scientific works of VNAU. Agriculture* [in Ukrainian].
- Alekseeva O.S., Taranenko L.K., Malyna M.M. (2011). Genetyka, selekcia i nasinnnytvo grehky. *Genetics, breeding and seed production of buckwheat, 7* (47), 11–16 [in Ukrainian].
- Moisienko V.V., Tymoshchuk T.M., Panchyshyn V.Z. (2023). Formuvannia productyvnosti grehky zalezno vid pozakoreneвого pidzhivlennia [Formation of buckwheat productivity depending on foliar fertilization]. *Agriculture and animal husbandry: theory and practice, №2* (8), 63–72 [in Ukrainian].
- Derevianskyi V.P., Suchek M.M., Kalenska S.M., Tokmakova L.M. (2015). Efektyvnyst biologichnyh preparativ pry vyroshchuvanny krupianykh kultur v umovah Pravoberezhnogo Lisistepu Ukrainy [Efficiency of biological preparations in the cultivation of cereal crops in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine] (scientific and practical recommendations). *Samchyky*, P. 20 [in Ukrainian].
- Kalenska S.M. (2016). Peredumovi organichnogo vyroshchuvannia prosa. [Prerequisites for organic cultivation of millet] S.M. Kalenska, V.P. Cherniy, Organic production and food security [Collection of materials of the IV international scientific and practical conference]. Zhytomyr: O.O. Yevenok, P.286–291[in Ukrainian].
- Smirnova I.V., Bulba I.O. (2024). Vplyv mineralnyh dobryv ta peredposivnoi obrobki nasinnia biopreparatamy na produktyvnist yachmenu yarogo [Influence of mineral fertilizers and pre-sowing seed treatment with biological products on the productivity of spring barley]. *Modern technological aspects of grain production and processing of agricultural products: materials of the International. Scientific Conference on the occasion of the 100th anniversary of Doctor of Agricultural Sciences, Professor G.R. Prikush* (March 20-21, 2024, Dnipro) Dnipro: DU ICS NAAS, P.173–176 [in Ukrainian].
- Kurdysh I.K. (2017). Kompleksniy bakterilniy preparat Azogran dlia roslynnytva [Complex bacterial preparation Azogran for crop production]. *Manual of the Ukrainian farmer, 1*, 234-235 [in Ukrainian].
- Fertilizer Megafol Val Agro URL: <https://agrolife.ua/megafol-valagro.html> [in Ukrainian].
- Karpenko V.P., Prytuliak R.M., Datsenko A.A. (2020). Formuvannia ploshchi lystkovogo aparatu y urozhainosti posiviv grehky v umovah Pravoberezhnogo Lisostepu Ukrainy [Formation of leaf area and yield of buckwheat crops in the right-bank forest-steppe of Ukraine]. *Bulletin of Uman National University of Horticulture, 1*, 17–20 [in Ukrainian].

Hryshchenko R.Ye., Tereshchenko V.K.

The influence of biological preparations on the formation of the assimilation apparatus and its productivity in buckwheat crops under organic farming

Aim. To determine the effect of microbial preparations on the formation of buckwheat assimilation apparatus, on the size of the photosynthetic apparatus, on the net productivity of photosynthesis in organic farming technology and to identify the effect of an effective combination. **Methods.** The field method, laboratory, calculation, and statistical methods were used during the research. **Results.** The research was conducted during 2021-2023 in the fields of the Department of Legumes, Cereals and Oilseeds Technology of the NSC “IZ NAAS” on dark gray

podzolic soils. The dynamics of the formation of the assimilation surface of buckwheat variety Sin 3/02 in the northern Forest-Steppe was studied when it was grown in organic production. The positive effect of the use of seed bacterization before sowing with nitrogen-fixing and phosphate-mobilizing bacteria (*Azogran nano*) on the growth of the crop assimilation surface was found. Studies have shown that foliar spraying with the anti-stress drug *Megafol* at the IV stage of organogenesis and the combination of bacterization with spraying also had a positive effect on this indicator. **Conclusions.** According to the results of our research, we found that the most favorable conditions for the use of microbial preparations in the technology of buckwheat cultivation in organic production were created against the background of green manure from legumes, under the complex action of *Azogran nano* (treatment of seeds with nitrogen-fixing and phosphate-mobilizing bacteria) in combination with the use of *Megafol*. This combination contributed to an increase in the maximum assimilation surface of plants by 60% and its better performance: FP amounted to 1.98 million m²/ha per day, and NPF was more stable during the growing season - 6.91 and 5.6 g/m² per day. The parameters of buckwheat assimilation surface functioning under seed bacterization were determined, which influenced the growth of leaf surface increasing it by 6.4 thousand m²/ha in the period from germination to budding, by 9.3 thousand m²/ha in the interphase period budding – flowering and in the flowering - ripening phase - by 12.4 thousand m²/ha. Also, pre-sowing bacterization of seeds with *Azogran nano* induced buckwheat census to increase the FP index to 1.91 million m²/ha per day, in the control variant – the indicators were 1.3 million m²/ha per day, and almost doubled the NPF index – 4.88 g/m² per day.

Key words: assimilation surface, bacterization, research, microbial preparations, photosynthetic potential, net photosynthetic productivity.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Грищенко Р. Є., кандидат с.-г. наук, старший науковий співробітник, відділ технологій зернобобових круп'яних і олійних культур, Національний науковий центр «Інститут землеробства Національної академії аграрних наук України», e-mail: grischenko.raisa@gmail.com, 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», e-mail: grischenko.raisa@gmail.com, ORCID: 0000-0002-6503-6034.

Терещенко В.К., провідний агроном, відділ технологій зернобобових круп'яних і олійних культур, Національний науковий центр «Інститут землеробства Національної академії аграрних наук України», e-mail: gjtama103@gmail.com, ORCID:0009-0006-7327-9593.

Tereshchenko V.K., Leading Agronomist, the Department of Leguminous Cereals and Oilseeds Technologies, National Research Center «Institute of Agriculture of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine», e-mail: gjtama103@gmail.com, ORCID: 0009-0006-7327-9593.

Надійшла 19.12.2024

ФОТОСИНТЕТИЧНІ ПОКАЗНИКИ ТА УРОЖАЙНІСТЬ СОЇ ЗА ПЕРЕДПОСІВНОЇ ОБРОБКИ НАСІННЯ МЕТАБОЛІЧНО АКТИВНИМИ РЕЧОВИНАМИ**В.М. Гавій¹, О.Б. Кучменко², А.Г. Козючко-Головач³**^{1,2}Ніжинський державний університет імені Миколи Гоголя (м. Ніжин, Україна)³Національний медичний університет імені О. О. Богомольця (м. Київ, Україна)

Мета. Вивчити вплив передпосівної обробки насіння комбінаціями метаболічно активних речовин на фотосинтетичні показники сої на різних фазах росту і розвитку та її врожайність. **Методи.** Польовий (для дослідження фізіологічних показників сої), лабораторний (для дослідження суми хлорофілів а і b у тканинах листків сої), статистично-розрахунковий (для обґрунтування достовірності отриманих результатів). **Результати.** На всіх досліджуваних фазах найвищі показники довжини стебла сої були зафіксовані за використання для передпосівної обробки насіння комбінації вітаміну E в поєднанні з убіхіноном-10. Передпосівна обробка насіння цієї культури вітаміном E у поєднанні з убіхіноном-10, вітамін E + метіонін + ПОВК + MgSO₄ ефективно стимулювали її облистяність упродовж усіх досліджуваних фаз. Передпосівна обробка насіння сої комбінаціями речовин вітамін E + убіхінон-10, вітаміну E + ПОВК + метіонін дала можливість збільшити вміст суми хлорофілів а і b у тканинах її листків. Максимальні показники вмісту хлорофілів а і b виявлено у фазі формування бобів. Найвища врожайність сої спостерігалася за обробки насіння перед посівом комбінацією речовин з вітаміну E + убіхінон-10. **Висновки.** Використання комбінацій вітамін E + убіхінон-10 та вітамін E + ПОВК + метіонін + MgSO₄ для передпосівної обробки насіння призводило до збільшення довжини стебла, облистяності, вмісту суми хлорофілів а і b в тканинах листків сої. Передпосівна обробка насіння сої комбінаціями вітамін E + убіхінон-10 та вітамін E + метіонін + ПОВК + MgSO₄ сприяла підвищенню її врожайності, тому ці комбінації можуть бути перспективними регуляторами росту зернобобових культур.

Ключові слова: вітамін E, висота рослин, метіонін, MgSO₄, облистяність, параоксибензойна кислота, сума хлорофілів а і b, убіхінон-10.

Вступ. Соя є провідною культурою у світовому аграрному виробництві. До складу насіння сої входить 30–45% білка, 13–26% олії, 20–32% вуглеводів, а також мінеральні речовини, вітаміни та ензими. З насіння сої виробляють борошно, крупи, соєве молоко, олію, сурогат кави тощо. Рослинна олія сої засвоюється людським організмом на 98% та характеризується високим вмістом білків і жирів, а також значною поживною цінністю. Споживання насіння сої сприяє зниженню рівня холестерину в крові, покращує роботу мозку, підтримує зір, має антисклеротичний ефект та зменшує ймовірність розвитку серцево-судинних захворювань, раку молочної залози та остеопорозу [1;2].

Урожайність та якість продукції зернобобових культур, зокрема сої, залежать від поєднання кліматичних умов, ґрунтових характеристик і технологій

вирощування. Сучасні агротехнічні методи передбачають використання регуляторів росту рослин, причому сьогодні пріоритет надається препаратам, створеним на основі природних компонентів [3]. Саме тому, пошук безпечних ефективних засобів для стимуляції росту рослин залишається актуальним напрямом наукових досліджень у світовому агропромисловому виробництві.

Мета – вивчити вплив передпосівної обробки насіння комбінаціями метаболічно активних речовин на фотосинтетичні показники сої на різних фазах росту і розвитку та її врожайність.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Фотосинтетична активність рослин сої є важливим чинником, що визначає рівень її продуктивності та формування високого врожаю [4]. Цей показник залежить від впливу різних факторів [5; 6]. Так, спостерігається

сильна пряма кореляційна залежність між продуктивністю фотосинтезу рослин сої та кількістю опадів [7]. На розміри асиміляційної поверхні рослин цієї культури значною мірою впливають умови вологозабезпеченості [8]. Зростання площі листової поверхні рослин сої відбувається також завдяки удосконаленню технологічних заходів вирощування та використання добрив [9–11]. Комплексне застосування мікродобрив на насінні та по вегетуючих рослинах сприяє формуванню максимальних значень цих показників [5]. Формування фотосинтетичного потенціалу та чистої продуктивності посівів сої також залежить і від світлового режиму та від її сортових особливостей [6; 12; 13].

Для підвищення продуктивності фотосинтезу та врожайності сої проводяться дослідження різних типів препаратів, здатних не лише покращити показники урожайності, а й посилити стійкість рослин до шкідників та стресових чинників [5; 8; 14]. Одним із перспективних підходів до вирішення цієї проблеми є використання метаболічно активних сполук, які є природними компонентами живих організмів та беруть участь в обмінних процесах.

Матеріали та методи досліджень. Польові дослідження робили на території навчально-дослідної агробіостанції Ніжинського державного університету імені Миколи Гоголя. Перед посівом здійснювали підготовку ґрунту: культивуацію, розмітку ділянок, поділ на варіанти та повторності, а також обробку насіння досліджуваними речовинами.

Досліди закладали за схемою:

1. Контроль (насіння сої, оброблене дистильованою водою).
2. Насіння сої, оброблене розчином комбінації речовин: вітамін Е (10^{-8} М) + убіхінон-10 (0,001%).
3. Насіння сої, оброблене розчином комбінації речовин: вітамін Е (10^{-8} М) + параоксibenзойна кислота (ПОБК) (0,001%) + метіонін (0,001%) + $MgSO_4$ (0,001%).
4. Насіння сої, оброблене розчином комбінації речовин: вітамін Е (10^{-8} М) + параоксibenзойна кислота (0,001%) + метіонін (0,001%).
5. Насіння сої, оброблене Вимпелом.

Після обробки розчином комбінацій метаболічно активних речовин насіння сої висівали широкорядним способом (ширина міжрядь – 45 см) у ґрунт поля. Ґрунт дослідного поля – чорнозем опідзолений, малогумусний. Загальна площа посівної ділянки – 108 м².

Повторність дослідів – трьохразова. Дослідження проводилися протягом 2019–2021 рр.

Для дослідження використовували насіння сої сорту Аннушка. Для цього сорту характерна ультратяглість, стійкість проти вилягання, висока польова стійкість до хвороб [15].

Дослідження фізіологічних та біохімічних показників проводилося на таких фазах росту і розвитку сої: 1–3 трійчастих листків, цвітіння, формування бобів. Довжину стебла визначали за допомогою мірної лінійки, аналізуючи 20 рослин у трьохкратній повторності. Кількість листків підраховували у 20 рослин у трьохкратній повторності [16].

Вміст суми хлорофілів *a* і *b* у тканинах листків сої визначали спектрофотометричним методом [17]. Розчином порівняння був етиловий спирт.

Статистична та математична обробка результатів здійснювалась за допомогою програми Excel 16.0 для Windows. Статистична оцінка проводилась за *t*-критерієм Стьюдента з рівня значимості $p \leq 0,05$.

Результати та їх обговорення. Висота рослин є одним із ключових морфологічних показників, що впливає на реалізацію генетичного потенціалу культури та рівень її продуктивності. Вона має важливе значення у процесі механізованого збирання врожаю сучасних сортів сої. Крім того, висота рослин визначає їхню архітектуру та стійкість до вилягання [18].

Ріст стебла сої розпочинається з фази повних сходів і триває до моменту цвітіння верхівкового суцвіття [19]. Висота стебла впливає на вертикальну структуру посівів, їхній фітосанітарний стан та рівень ефективності фотосинтезу нижніх листків [20]. У зв'язку з цим було проведено дослідження впливу метаболічно активних речовин на довжину стебла рослин сої сорту Аннушка на різних фазах росту і розвитку.

Отримані результати показали, що застосування комбінацій метаболічно активних речовин істотно впливало на динаміку росту стебла (табл. 1). Уже у фазі 1–3 трійчастих листків використання для передпосівної обробки комбінації вітаміну Е та убіхінону-10 дало змогу отримати найвищі показники довжини стебла, які перевищили показники контролю на 42,2%. Застосування комбінацій вітамін Е + метіонін + ПОБК + $MgSO_4$ та вітамін Е + метіонін + ПОБК сприяло збільшенню цього показника у фазі 1–3 трійчастих листків на 22,3% і 22,6% порівняно з показниками контролю.

Таблиця 1. Динаміка довжини стебла рослин сої сорту Аннушка залежно від передпосівної обробки насіння комбінаціями метаболічно активних речовин (середнє за 2019–2021 рр.)

Варіант досліджу	Фази росту і розвитку сої					
	Утворення 1-3 трійчастих листків,		Цвітіння рослин,		Формування бобів,	
	см	% до контролю	см	% до контролю	см	% до контролю
Контроль	16,1 ± 0,46	100,0	32,7 ± 1,21	100,0	50,4 ± 1,15	100,0
Вітамін Е + убіхінон-10	22,9 ± 0,39*	142,2	43,7 ± 1,2*	133,5	55,7 ± 1,15*	110,7
Вимпел	22,5 ± 0,6*	139,3	39,8 ± 1,17*	121,5	55,0 ± 1,06*	109,1
Вітамін Е + метіонін + ПОБК + MgSO ₄	19,73 ± 0,42*	122,3	39,5 ± 1,43*	120,6	53,1 ± 1,24*	105,4
Вітамін Е + метіонін + ПОБК	19,77* ± 0,51*	122,6	33,6 ± 1,56*	102,5	52,7 ± 1,18	104,6

*Примітка. Різниця достовірна порівняно з контролем ($p < 0,05$).

У фазі цвітіння спостерігалось подальше зростання довжини стебла. Так, у контрольному варіанті цей показник становив 32,7 см. Використання комбінації вітамін Е + убіхінон-10 найефективніше вплинуло на показники довжини стебла в цей період, забезпечивши його збільшення в середньому на 10,9 см, що на 33,5% перевищило показники контролю. Передпосівна обробка насіння сої комбінацією вітамін Е + ПОБК + метіонін + MgSO₄ також сприяла підвищенню цього показника на 13,4 см, що переважало контрольні значення на 20,6%.

У фазі формування бобів усі рослини досягли максимальної довжини стебла, проте, як і у попередніх фазах, найвищі показники спостерігалися за використання комбінації вітамін Е + убіхінон-10. Довжина стебла рослин у цьому варіанті становила 55,7 см, що на 10,7% перевищило показники контролю (табл. 1).

Процес фотосинтезу є основним механізмом утворення та нагромадження сухої маси в рослинах, адже він забезпечує біохімічні перетворення за участю

сонячного світла та вуглекислого газу. Високий урожай сільськогосподарських культур, включаючи сою, формується за умови добре розвинуеного листкового апарату.

Дослідження показали, що передпосівна обробка насіння комбінаціями метаболічно активних сполук сприяла активному наростанню листків протягом усіх досліджуваних фаз росту і розвитку сої.

Так, упродовж трьох років експериментальних досліджень у контрольному варіанті спостерігалась найменша облистяність рослин сої на всіх досліджуваних фазах вегетації (табл. 2).

Найбільший вплив на облистяність впродовж усього періоду органогенезу мала передпосівна обробка насіння сої комбінацією вітамін Е + убіхінон-10. У фазі 1–3 трійчастих листків рослини, що проросли з насіння, обробленого цією комбінацією, формували в середньому 3,0 листки, що на 75,6% перевищувало показник контролю. У фазі цвітіння застосування цієї комбінації сприяло збільшенню кількості

Таблиця 2. Вплив передпосівної обробки насіння комбінаціями метаболічно активних речовин на облистяність рослин сої сорту Аннушка (середнє за 2019–2021 рр.)

Варіант досліджу	Фази росту і розвитку сої					
	Утворення 1-3 трійчастих листків,		Цвітіння рослин,		Формування бобів,	
	шт.	% до контролю	шт.	% до контролю	шт.	% до контролю
Контроль	1,7 ± 0,08	100,0	9,5 ± 0,67	100,0	14,3 ± 0,24	100,0
Вітамін Е + убіхінон-10	3,0 ± 0,07*	175,6	19,5 ± 0,71*	206,4	23,0 ± 0,48*	160,3
Вітамін Е + метіонін + ПОБК + MgSO ₄	2,0 ± 0,08*	118,0	14,5 ± 0,64*	153,4	18,7 ± 0,30*	130,7
Вітамін Е + метіонін + ПОБК	2,6 ± 0,05*	149,4	13,1 ± 0,45*	138,2	17,7 ± 0,48*	123,5
Вимпел	3,0 ± 0,08*	174,4	14,4 ± 0,30*	152,1	19,9 ± 0,39*	138,8

*Примітка. Різниця достовірна порівняно з контролем ($p < 0,05$).

листіків до 19,5 шт., що переважало контрольні значення на 106,3% та показники Вимпелу на 54,3% відповідно. Найбільша рослинах сої у фазі дозрівання бобів також спостерігалася за передпосівної обробки насіння комбінацією вітамін Е + убіхінон-10, переважаючи на 60,3% показники контролю та на 21,5% показники Вимпелу. Такий ефект пояснюється тим, що вітамін Е та убіхінон-10 виконують важливі функції у життєдіяльності рослин: вони беруть участь у біоенергетичних процесах, захищають клітини від шкідливого впливу активних форм кисню та окиснювальних продуктів, а також виконують роль потужних імуномодуляторів, що ефективно стимулює розвиток вегетативних і генеративних органів [21].

Крім того, позитивний вплив на облистяність рослин сої мала передпосівна обробка насіння комбінаціями вітамін Е + метіонін + ПОВК + $MgSO_4$ та вітамін Е + метіонін + ПОВК.

Фотосинтез є основним процесом життєдіяльності рослин. Вміст хлорофілу у фотосинтезуючих тканинах відіграє ключову роль в адаптації фотосинтетичного апарату до зовнішніх умов та є одним із найважливіших показників біологічної продуктивності рослин, зокрема сої. Головне значення у фотосинтетичних реакціях належить зеленим пігментам – хлорофілам *a* та *b*, які є чутливими індикаторами фізіологічного стану рослин [22].

Передпосівна обробка насіння метаболічно активними сполуками викликала зміни у пігментному складі листків рослин сої на різних фазах росту

і розвитку (табл. 3). Було встановлено, що у фазі 1–3 трійчастих листків у контрольному варіанті вміст суми хлорофілів *a* і *b* становив 18,9 мг/г сирової маси. Максимальний вміст пігментів зафіксовано у варіанті за передпосівної обробки насіння комбінацією вітамін Е + убіхінон-10. У цьому варіанті вміст хлорофілів *a* та *b* у тканинах листків сягав 25,5 мг/г сирової маси, що на 35,4% перевищило контрольні значення та на 16,5% показники Вимпелу.

Застосування комбінацій вітамін Е + убіхінон-10 та вітамін Е + ПОВК + метіонін для передпосівної обробки насіння ефективно сприяло збільшенню вмісту суми хлорофілів *a* і *b* у тканинах листків сої і у фазі цвітіння. Слід зазначити, що всі досліджувані комбінації сприяли зростанню вмісту хлорофілу на 7,8–16,6% порівняно з показниками контролю.

Ефективність досліджених комбінацій метаболічно активних сполук пояснюється тим, що убіхінон бере участь у процесах транспорту електронів у дихальному ланцюзі, відіграє важливу роль в енергетичному обміні та разом із пластохіноном залучений до механізмів фотофосфорильовання в тилакоїдах хлоропластів і окиснювального фосфорильовання [23]. Параоксибензойна кислота має виражену антимікробну дію, гальмує ріст бактерій, цвілевих грибів та інших мікроорганізмів. Вона поєднує функції сигнального посередника та стресового фітогормону. Метіонін є важливим попередником синтезу гормонів росту та впливає на регуляцію відкриття продихів [24].

Таблиця 3. Вплив передпосівної обробки насіння комбінаціями метаболічно активних речовин на вміст суми хлорофілів *a* і *b* у тканинах листків сої сорту Аннушка (середнє за 2019–2021 рр.), мг/г сирової маси

Вміст суми хлорофілів <i>a</i> і <i>b</i>	Варіанти дослідження				
	Контроль	Вітамін Е + Убіхінон-10	Вітамін Е + метіонін + ПОВК + $MgSO_4$	Вітамін Е + метіонін + ПОВК	Вимпел
Фаза утворення 1-3 трійчастих листків					
мг/г	18,9 ± 0,38	25,5 ± 0,43*	18,2 ± 0,40	17,0 ± 0,40	22,4 ± 0,34*
% до контролю	100,0	135,4	96,4	90,0	118,9
Фаза цвітіння					
мг/г	132,7 ± 0,72	142,7 ± 0,72*	128,9 ± 0,62	141,0 ± 0,51*	145,1 ± 0,64*
% до контролю	100,0	107,5	97,1	106,3	109,4
Фаза формування бобів					
мг/г	181,0 ± 0,86	195,9 ± 0,86*	182,7 ± 0,97	189,0 ± 0,81*	194,9 ± 0,84*
% до контролю	100,0	108,2	101,1	104,4	107,7

*Примітка. Різниця достовірна порівняно з контролем ($p < 0,05$).

Додаткове живлення рослин забезпечує мінеральне добриво – сульфат магнію. Магній відіграє неабияку роль у фотосинтетичних процесах, оскільки входить до складу хлорофілу, бере участь у синтезі білків, транспортуванні фосфору, активізує ферменти та регулює поглинання води кореневою системою. Сульфур, подібно до магнію, впливає на ріст і розвиток рослин, бере участь у білковому синтезі, ферментативних процесах, регулює метаболізм, окисно-відновні реакції, підвищує стійкість рослин до стресових умов і стимулює процеси відновлення [25].

Максимальний вміст суми хлорофілів *a* та *b* у тканинах листків сої спостерігався у фазі формування бобів. Так, у контрольному варіанті вміст суми хлорофілів *a* і *b* становив 181,0 мг/г сирової маси. Обробка насіння сої перед посівом комбінацією вітамін Е + убіхінон-10 сприяла збільшенню вмісту суми хлорофілів *a* і *b* у тканинах листків на 8,24% порівняно з показниками контролю (табл. 3).

Одним із найважливіших критеріїв ефективності технологій вирощування сільськогосподарських культур є врожайність. Приблизно 90–95% урожаю формується завдяки фотосинтетичним процесам, які залежать від біологічних особливостей культури, сорту, вікової стадії рослини та умов навколишнього середовища [4].

Найвищу врожайність сої було отримано за передпосівної обробки насіння комбінацією вітамін Е + убіхінон-10, яка сягала 3,2 т/га, що перевищувало контрольний показник на 36,8%. Застосування комбінації вітамін Е + ПОБК + метіонін + MgSO₄ сприяло підвищенню врожайності сої на 14,1% порівняно з показниками контролю.

ВИСНОВКИ

1. Передпосівна обробка насіння комбінаціями вітамін Е + убіхінон-10 та вітамін Е + ПОБК + метіонін + MgSO₄ позитивно впливала на збільшення довжини стебла, формування кількості листків на рослинах сої.
2. Вміст хлорофілу в тканинах листків сої поступово посилювався протягом фаз онтогенезу, досягаючи максимального рівня у фазі формування бобів. Передпосівна обробка насіння комбінаціями вітамін Е + убіхінон-10 та вітамін Е + ПОБК + метіонін зумовила підвищення рівня хлорофілів *a* і *b* на всіх фазах розвитку сої.
3. Використання комбінацій вітамін Е + убіхінон-10 та вітамін Е + метіонін + ПОБК + MgSO₄ для обробки насіння перед посівом позитивно впливало на врожайність сої, тому ці комбінації можуть бути перспективними регуляторами росту зернобобових культур.

ЛІТЕРАТУРА

1. Силенко Г.Л., Шерстобитов В.В., Капрелянц Л.В. Продукти із сої – їжа третього тисячоліття. *Агро-світ*. 2001. № 6. С. 10–12.
2. Кириченко В.В., Рябуха С. С., Кобизева Л.Н., Посилаєва О.О., Чернишенко П.В. *Соя (Glycine max (L.) Merr.): моногр.* / Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН, 2016. 400 с.
3. Казакова І.В., Кондратюк Н.В. Ефективність виробництва сої та розвиток ринку соєвих продуктів в Україні і світі. *Ефективна економіка*. 2015. № 5. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=4070>.
4. Бахмат О.М. Соя – культура майбутнього, особливості формування високого врожаю: монографія. Кам'янець-Подільський: ПП Мошак М.І., 2009. 208 с.
5. Шовкова О. В. Фотосинтетична продуктивність посівів сої залежно від строків сівби та способів застосування мікродобрив. URL: <https://www.pdau.edu.ua/sites/default/files/visnyk/2014/02/34.pdf>.
6. Чинчик О.С., Оліфірович С.Й. Фотосинтетична продуктивність посівів сої залежно від впливу елементів технології вирощування. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*. 2023. № 38 С. 55–63.
7. The effects of seeding rate and row spacing on the photosynthetic activity of soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) / O. Mikheeva et al. *Applied Ecology and Environmental Research*. 2021. P. 4169–4184.
8. Байда М.П. Ефективність фотосинтезу сої залежно від впливу елементів технології вирощування. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2021. Вип. 29. С. 129–138.
9. Фурман О.В. Динаміка формування площі листової поверхні сої під впливом технологічних факторів вирощування. *Корми і кормовиробництво*. 2018. Вип. 86. С. 101–106.
10. Фурман О.В. Особливості формування площі листової поверхні сої під впливом технологічних заходів вирощування. *Аграрна освіта і наука: досягнення та перспективи розвитку: матеріали*

- Міжнародної науково-практичної конференції, м. Біла Церква, 26–27 березня 2020 р. Біла Церква: БНАУ, 2020. С. 113–115.
11. Фурман О.В. Формування фотосинтетичної та насінневої продуктивності сої під впливом інокуляції та мінеральних добрив в умовах Лісостепу правобережного України. *Colloquium-journal*. Warszawa, 2021. No 16 (103). Ч. 2. С. 30–33.
 12. Influence of foliar top-dressing on the yield of soybean varieties / O. Milenko et al. *Scientific Horizons*. 2022. No 25 (4). P. 61–66.
 13. Нетіс В.І., Онуфран Л.І. Світловий режим посівів сої та його залежність від технологічних заходів вирощування. *Таврійський науковий вісник*. 2017. Вип. 98. С. 102–107.
 14. Бунчак О.М. Фотосинтетична та насіннева продуктивність сої залежно від застосування органічних добрив, виготовлених за новітніми технологіями. *Таврійський науковий вісник*. № 101. 2018. С. 16–21.
 15. Сорт сої Аннушка. ІАС Аграрії разом. 2019. URL: <https://agrarii-razom.com.ua/culturevariety/annushka>.
 16. Основи наукових досліджень в агрономії: підручник / В.О. Єщенко, П.Г. Копитко, П.В. Костогряз; В.П. Опришко/за ред. В.О. Єщенка. Вінниця: ПП «ГД «Едельвейс і К», 2014. 332 с.
 17. Грицаєнко З.М., Грицаєнко А.О., Карпенко В.П. Методи біологічних та агрономічних досліджень рослин і ґрунтів. Київ: ЗАТ «НІЧЛАВА», 2003. 320 с.
 18. Адаптивна технологія вирощування сої у Східному Лісостепу України: монографія / Є.М. Огурцов, В.Г. Міхєєв, Ю.В. Белінський, І.В. Клименко; за ред. д-ра с.-г. наук, професора, чл.-кор. НААН України М.А. Бобро. Харків: ХНАУ, 2016. 268 с.
 19. Бабич А.О., Новохацький М.Л. Освітленість рослин та її вплив на динаміку листкового індексу посівів сої в умовах Правобережного Лісостепу України. *Аграрний вісник Причорномор'я*. 2001. Вип. 12. С. 179–184.
 20. Глупак З.І. Удосконалення технології вирощування скоростиглої сої для умов північно-східного Лісостепу України: дис. канд. с.-г. наук: 06.01.09. Сумський національний аграрний університет. Суми, 2013. 200 с.
 21. Farouk S. Ascorbic Acid and a Tocopherol Minimize Salt-Induced Wheat Leaf Senescence. *Journal of Stress Physiology & Biochemistry*. 2011. Vol. 7(3). P. 58–79.
 22. Рудник-Іващенко О.І. Вміст хлоропластів у листках рослин проса та їх роль в процесі фотосинтезу. *Наукові доповіді НУБіП*. 2010. № 3 (19). С. 1–7.
 23. Rozhnova N.A., Gerashchenkov G.A. Effect of ubiquinone 50 and viral infection on phytohemagglutinin activity in development of induced resistance in tobacco plants. *Izv. Akad. Nauk Ser. Biol.* 2008. №35. P. 442–447.
 24. Полянчиков С.П., Ковбель А.И. Роль амінокислот у захисті культур від стресів. *НПК «Квадрат»*. URL: https://agromage.com/stat_id.php?id=1086.
 25. Сульфат магнію, як додаткове джерело сірки та магнію для рослини. *Agro One*. URL: www.agroone.info/publication/sulfat-magniju-jak-dodatkovedzherelo-sirki-ta-magniju-dlja-roslini/.

REFERENCES

1. Sylenko H.L., Sherstobytov V.V., Kapreliants L.V. (2001). Produkty iz soi – yizha tretoho tysiacholittia. *Ahrosvit*, 6, 10–12 [in Ukrainian].
2. Kyrychenko V.V., Riabukha S.S., Kobyzieva L.N., Posylaieva O.O., Chernyshenko P.V. (2016). Soia (Glycine max (L.) Merr.). Monohrafiia / NAAN, Instytut roslynnytstva im. V.Ya. Yurieva. Kh., 400 p. [in Ukrainian].
3. Kazakova I.V., Kondratiuk N.V. (2015). Efektyvnist vyrobnytstva soi ta rozvytok rynku soievkykh produktiv v Ukraini i sviti. *Efektivna ekonomika*, 5. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=4070> [in Ukrainian].
4. Bakhmat O.M. (2009). Soia – kultura maibutnoho, osoblyvosti formuvannia vysokoho vrozhaiu: monohrafiia. Kamianets-Podilskyi: PP Moshak M.I., 208 p. [in Ukrainian].
5. Shovkova O.V. (2014). Fotosyntetychna produktyvnist posiviv soi zalezno vid strokiv sivby ta sposobiv zastosuvannia mikrodobryv. URL: <https://www.pdau.edu.ua/sites/default/files/visnyk/2014/02/34.pdf> [in Ukrainian].
6. Chynchyk O.S., Olifirovych S. (2023). Fotosyntetychna produktyvnist posiviv soi zalezno vid vplyvu elementiv tekhnolohii vyroshchuvannia. *Podilskyi visnyk: silske hospodarstvo, tekhnika, ekonomika*, 38, 55–63 [in Ukrainian].
7. Mikheeva O. et al. (2021). The effects of seeding rate and row spacing on the photosynthetic activity of soybean (*Glycine max* (L.) Merr.). *Applied Ecology and Environmental Research*. P. 4169–4184 [in English].
8. Baida M.P. (2021). Efektyvnist fotosyntezy soi zalezno vid vplyvu elementiv tekhnolohii vyroshchu-

- vannia. *Naukovi pratsi Instytutu bioenerhetychnykh kultur i tsukrovykh buriakiv*, 29, 129–138 [in Ukrainian].
9. Furman O.V. (2018). Dynamika formuvannia ploshchi lystkovoï poverkhni soi pid vplyvom tekhnolohichnykh faktoriv vyroshchuvannia. *Kormy i kormovyrobnytstvo*, 86, 101–106 [in Ukrainian].
 10. Furman O.V. (2020). Osoblyvosti formuvannia ploshchi lystkovoï poverkhni soi pid vplyvom tekhnolohichnykh zakhodiv vyroshchuvannia. *Ahrarna osvita i nauka: dosiahnennia ta perspektyvy rozvytku: materialy Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii*, m. Bila Tserkva, 26–27 bereznia 2020 r. Bila Tserkva: BNAU. P. 113–115 [in Ukrainian].
 11. Furman O.V. (2021). Formuvannia fotosyntetychnoi ta nasinnievoi produktyvnosti soi pid vplyvom inokuliatsii ta mineralnykh dobryv v umovakh Lisostepu pravoberezhnoho Ukrainy. *Colloquium-journal*, 16 (103), 2, 30–33 [in Ukrainian].
 12. Milenko O. et al. (2022). Influence of foliar top-dressing on the yield of soybean varieties. *Scientific Horizons*, 25 (4), 61–66 [in English].
 13. Netis V.I., Onufrani L.I. (2017). Svitlovyi rezhym posiviv soi ta yoho zalezhnist vid tekhnolohichnykh zakhodiv vyroshchuvannia. *Tavriiskyi naukovyi visnyk*, 98, 102–107 [in Ukrainian].
 14. Bunchak O.M. (2018). Fotosyntetychna ta nasinnieva produktyvnist soi zalezhno vid zastosuvannia orhanichnykh dobryv, vyhotovlenykh za novitnimy tekhnolohiiamy. *Tavriiskyi naukovyi visnyk*, 101, 16–21 [in Ukrainian].
 15. Sort soi Annushka (2019). IAS Ahrarii razom. URL: <https://agrarii-razom.com.ua/culturevariety/annushka> [in Ukrainian].
 16. Yeshchenko V.O., Kopytko P.H., Kostohryz P.V., Opryshko V.P. (2014). Za red. V.O. Yeshchenka. Osnovy naukovykh doslidzhen v ahronomii: pidruchnyk / Vinnytsia: PP «TD «Edelveis i K». 332 p. [in Ukrainian].
 17. Hrytsaienko Z.M., Hrytsaienko A.O., Karpenko V.P. (2003). Metody biolohichnykh ta ahronomichnykh doslidzhen roslyn i gruntiv. Kyiv: ZAT «NICH LA-VA», 320 p. [in Ukrainian].
 18. Ohurtsov Ye.M., Mikhieiev V.H., Bielinskiy Yu.V., Klymenko I.V. (2016). Adaptivna tekhnolohiia vyroshchuvannia soi u Skhidnomu Lisostepu Ukrainy: monohrafiia / za red. d-ra s.-h. nauk, profesora, chl.-kor. NAAN Ukrainy M.A. Bobro. – Kharkiv: KhNAU, 268 p. [in Ukrainian].
 19. Babych A.O., Novokhatskyi M.L. (2001). Osvitlenist roslyn ta yoi vplyv na dynamiku lystkovoho indeksu posiviv soi v umovakh Pravoberezhnoho Lisostepu Ukrainy. *Ahrarnyi visnyk Prychornomia*, 12, 179–184 [in Ukrainian].
 20. Hlupak Z.I. (2013). Udoskonalennia tekhnolohii vyroshchuvannia skorostykhloi soi dlia umov pivnichno-skhidnoho Lisostepu Ukrainy: dys. kand. s.-h. nauk: 06.01.09. Sumskiy natsionalnyi ahraryi universytet. Sumy, 200 p. [in Ukrainian].
 21. Farouk S. (2011). Ascorbic Acid and a Tocopherol Minimize Salt-Induced Wheat Leaf Senescence. *Journal of Stress Physiology & Biochemistry*, 7(3), 58–79 [in English].
 22. Rudnyk-Ivashchenko O.I. (2010). Vmist khloroplastiv u lystkakh roslyn prosa ta yikh rol v protsesi fotosintezu. *Naukovi dopovidi NUBiP*, 3 (19), 1–7 [in Ukrainian].
 23. Rozhnova N.A., Gerashchenkov G.A. (2008). Effect of ubiquinone 50 and viral infection on phytohemagglutinin activity in development of induced resistance in tobacco plants. *Izv. Akad. Nauk Ser. Biol.*, 35, 442–447 [in English].
 24. Polianchykov S.P., Kovbel A.Y. Rol aminokyslot u zakhysti kultur vid stresiv. NPK «Kvadrat». URL: https://agromage.com/stat_id.php?id=1086 [in Ukrainian].
 25. Sulfat mahniuu, yak dodatkove dzherelo sirky ta mahniuu dlia roslyny. Agro One. URL: www.agroone.info/publication/sulfat-magniju-jak-dodatkove-dzherelo-sirki-ta-magniju-dlja-roslyni/ [in Ukrainian].

Havii V.M., Kuchmenko O.B., Koziuchko-Holovach A.G.

Photosynthetic indicators and yield of soybean under pre-sowing treatment of seeds with metabolically active substances

Aim. To study the effect of pre-sowing seed treatment with combinations of metabolically active substances on the photosynthetic parameters of soybeans at different growth and development phases, as well as on its yield.

Methods. Field (to study the physiological indicators of soybean), laboratory (to study the sum of chlorophylls a and b in the tissues of soybean blades), statistical and computational (to substantiate the reliability of the results obtained).

Results. At all studied growth phases, the highest stem length values were recorded when soybean seeds were pre-treated with a combination of vitamin E and ubiquinone-10. Seed treatment with vitamin E + ubiquinone-10, as well as vitamin E + methionine + paraoxybenzoic acid (POBA) + MgSO₄, effectively stimulated

leafiness throughout all studied phases. The pre-sowing treatment of soybean seeds with a combination of vitamin E + ubiquinone-10 and vitamin E + POBA + methionine contributed to an increased content of total chlorophyll a and b in leaf tissues. The maximum chlorophyll a and b content was observed during the pod formation phase. The highest soybean yield was recorded when seeds were pre-treated with a combination of vitamin E + ubiquinone-10. **Conclusions.** The use of vitamin E + ubiquinone-10 and vitamin E + POBA + methionine + MgSO₄ for pre-sowing seed treatment led to an increase in stem length, leafiness, and total chlorophyll a and b content in soybean leaf tissues. Pre-sowing seed treatment with these combinations also contributed to higher soybean yields, making them promising growth regulators for leguminous crops.

Key words: vitamin E, plant height, methionine, MgSO₄, leafiness, paraoxybenzoic acid, sum chlorophyll a and b, ubiquinone-10.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Гавій В.М., кандидат біологічних наук, доцент, Ніжинський державний університет імені Миколи Гоголя, e-mail: gaviyv@gmail.com, ORCID: 0000-0002-2604-0456.

Кучменко О.Б., доктор біологічних наук, професор, Ніжинський державний університет імені Миколи Гоголя,

Navii V.M., Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Nizhyn Mykola Gogol State University, e-mail: gaviyv@gmail.com, ORCID: 0000-0002-2604-0456.

Kuchmenko O.B., Doctor of Biological Sciences, Professor, Nizhyn Mykola Gogol State University, e-mail:

e-mail: kuchmenko1978@gmail.com, ORCID: 0000-0002-3021-8583.

Козючко-Головач А.Г., доктор філософії, асистент, Національний медичний університет імені О.О. Богомольця, ORCID:0000-0001-5703-0292.

kuchmenko1978@gmail.com, ORCID: 0000-0002-3021-8583.

Koziuchko-Holovach A.G., PhD in Biology, assistant, Bogomolets National Medical University, ORCID: 0000-0001-5703-0292.

Надійшла 11.01.2025

ПОСІВНІ ЯКОСТІ НАСІННЯ ЛЮПИНУ БІЛОГО ЗАЛЕЖНО ВІД СТРОКІВ ЗБИРАННЯ І ТРИВАЛОСТІ ЗБЕРІГАННЯ

Т.М. Левченко, Т.О. Байдюк, О.М. Вересенко, О.О. Тимошенко, А.В. Гуренко

ННЦ «ІЗ НААН» (с-ще Чабани, Україна)

Мета. Вивчення посівних якостей насіння люпину білого залежно від фаз стиглості та тривалості зберігання. **Методи.** Об'єктом дослідження для вивчення посівних якостей було насіння двох сортів люпину білого Снігур і Барвінок. Дослідження з визначення посівних якостей залежно від фаз стиглості насіння проводили у 2021–2023 рр., від тривалості зберігання – впродовж 2017–2025 рр. Добори рослин виконували у чотири фази стиглості насіння люпину білого. Насіння врожаю 2016 р. було закладено на тривале зберігання в умовах неконтрольованого середовища. Аналізи з визначення енергії проростання і схожості проводили згідно з методикою ДСТУ 4138–2002. **Результати.** Вологість насіння за збирання у першій фазі стиглості становила до 54,7%, а у четвертій фазі – до 15,3%. Вміст гігроскопічної вологи за зберігання змінювався в середньому по сортах від 10,9% у насінні першої фази до – 9,5% у насінні четвертої. Якість насіннєвого матеріалу в процесі дозрівання поліпшувалась, а динаміка таких змін сповільнювалась. Найбільшої якості насіння набувало у фазі повної стиглості: енергія проростання – до 90,1%, лабораторна схожість – до 92,4%. За перші три роки зберігання спостерігали незначне зниження посівних якостей насіння. Після п'яти років зберігання зниження посівних якостей відбувалося вже сильніше. Показники енергії проростання на шостий рік зберігання зменшились у середньому по сортах на 9,2%, а на дев'ятий – на 20,5% порівняно з контролем. Схожість насіння за цей період знизилась від 85,3 до 73,9%, відповідно. Встановлено, що насіння люпину білого зберігає господарську довговічність і придатне для використання на посів протягом не менш чотирьох років. **Висновки.** До механізовано збору врожаю люпину білого рекомендовано приступати за настання фази повної стиглості насіння. У селекційних і насінницьких розсадниках індивідуальні добори рослин можна розпочинати з фази «жовтий корінець зародку насіння». Насіння люпину білого протягом перших чотирьох років зберігання за показниками схожості насіння відповідає вимогам ДСТУ 2240-93 для вищих категорій.

Ключові слова: фази стиглості, енергія проростання, лабораторна схожість, вологість, довговічності посівного матеріалу.

Вступ. Проведення збирання сільськогосподарських культур у оптимальні строки гарантує отримання сталих урожаїв високоякісного насіння. Особливо підвищеними є вимоги до якості проведення збиральних робіт у насінницьких посівах, оскільки важливо не лише зібрати врожай, але й отримати високоякісне повноцінне насіння [1; 2]. Люпин білий характеризується досить тривалим періодом досягання, а проведення доборів рослин в первинних ланках насінницького процесу потребує багато часу. Тому для цієї культури велике значення має виявлення кращих строків початку збиральних робіт, які забезпечують отримання високого врожаю насіння, без

зниження їх посівних якостей та урожайних властивостей.

Важливим завданням насінництва є забезпечення якісного зберігання насіння та визначення його життєздатності за тривалого зберігання у різних умовах. Довговічність насіння поділяється на біологічну, господарську та генетичну. Для виробників насіння найбільш важливе значення має господарська довговічність, під якою розуміють проміжок часу, впродовж якого насіння зберігає схожість, що відповідає вимогам державного стандарту на сортові та посівні якості насіннєвого матеріалу сільськогосподарських культур. Також знання довговічності різних культур

важливе за зберігання протягом тривалого періоду колекційного і селекційного матеріалу, страхових насінневих фондів тощо. Однак питання встановлення господарської довговічності насіння люпину є недостатньо з'ясованим і потребує подальшого поглибленого вивчення.

Мета досліджень. Вивчення посівних якостей насіння люпину білого залежно від фаз стиглості та тривалості зберігання в умовах неконтрольованого середовища.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Стадія стиглості за збирання врожаю сільськогосподарських культур є одним із важливих чинників, які впливають на якість насіння. Вивченню цього питання для таких культур, як зернові, круп'яні, зернобобові, багаторічні трави та інші присвячені дослідження науковців різних країн. У результаті встановлено вплив фаз стиглості та різних строків збирання на такі ознаки, як схожість, енергія проростання, сила росту, маса 1000 насінин тощо [3–8]. Виявлена істотна залежність посівних якостей насіння від збиральної вологості. Тому важливим є визначення динаміки вологості насіння різних культур при збиранні у різних фазах стиглості [2; 3; 5].

На думку вчених, фаза стиглості насіння може безпосередньо впливати на фізіологічні показники його якості впродовж подальшого зберігання. За нещодавніми дослідженнями встановлено, що довговічність зберігання насіння продовжує зростати навіть після досягнення фізіологічної стиглості, що вказує на важливість визначення оптимальних строків збирання для отримання максимально якісного посівного матеріалу [5; 9; 10].

Питання встановлення біологічної та господарської довговічності насіння сільськогосподарських культур за зберігання і наразі продовжує залишатися актуальними та представляє чималий теоретичний і практичний інтерес [11–14]. Встановлено, що довговічність насіння значною мірою залежить від умов вирощування, збирання, післязбиральної доробки та зберігання, а також від впливу інших модифікуючих чинників [15–17]. Вивченню змін показників посівних якостей і врожайних властивостей насіння різних культур за тривалого зберігання присвячені сучасні дослідження вчених. Значне погіршення якості насіння у зернових і зернобобових культур спостерігали після 5 років зберігання [11–13; 15; 18], у олійних культур – через 3–4 роки [16; 19]. Встановлено також залежність господарської довговічності

насіння від видових і сортових особливостей різних культур [15; 16].

Дослідження причин погіршення якості насіння в процесі зберігання показало, що переважно це пов'язано зі зменшенням запасів поживних речовин, підвищенням активності ферментів і кислотності олії та проникності мембран. Оскільки катаболічні зміни продовжуються і посилюються зі збільшенням терміну зберігання, здатність насіння проростати поступово знижується [14].

Матеріали, умови та методи досліджень. Дослідження з визначення посівних якостей насіння у сортів люпину білого (*Lupinus albus* L.) Снігур і Барвінок, селекції ННЦ «ІЗ НААН», залежно від фаз стиглості проводили у 2021–2023 рр. Сорти відносяться до групи середньостиглих із тривалістю періоду вегетації 110–115 діб. Добори рослин робили в розсадниках первинного насінництва у чотири фази стиглості насіння люпину білого: початок пожовтіння корінця зародку; жовтий корінець зародку; жовті сім'ядолі та повна стиглість насіння. Об'єктом дослідження для вивчення залежності посівних якостей від тривалості зберігання було насіння двох сортів люпину білого Снігур і Барвінок урожаю 2016 р., яке закладено на тривале зберігання у неопалюваному складському приміщенні в умовах неконтрольованого середовища. Впродовж наступних дев'яти років (2017–2025 рр.) відбирали середні проби та визначали енергію проростання і лабораторну схожість насіння.

Польові досліди проводили на полях селекційної сівозміни ННЦ «ІЗ НААН». Земельні масиви розташовані у Фастівському р-ні Київської обл. у правобережній зоні Північного Лісостепу України. Ґрунти полів відносяться до дерново-середньоопідзолених супіщаних і сірих опідзолених глеєвих пилувато-супіщаних. Клімат зони Північного Лісостепу є помірно континентальним із досить спекотним літом і відносно м'якою зимою та характеризується нестійким забезпеченням вологою. Погодні умови 2016 р. були відносно сприятливими для росту й розвитку рослин люпину та формування високої врожайності якісного насіння. Погодні умови у 2021–2023 рр. загалом характеризувались недостатньою кількістю опадів та підвищеною температурою повітря у період вегетації люпину білого.

У процесі виконання досліджень використовували польові, вимірювально-вагові, лабораторні та статистичні методи оцінок. Під час проведення польових дослідів застосовували загальноприйняту

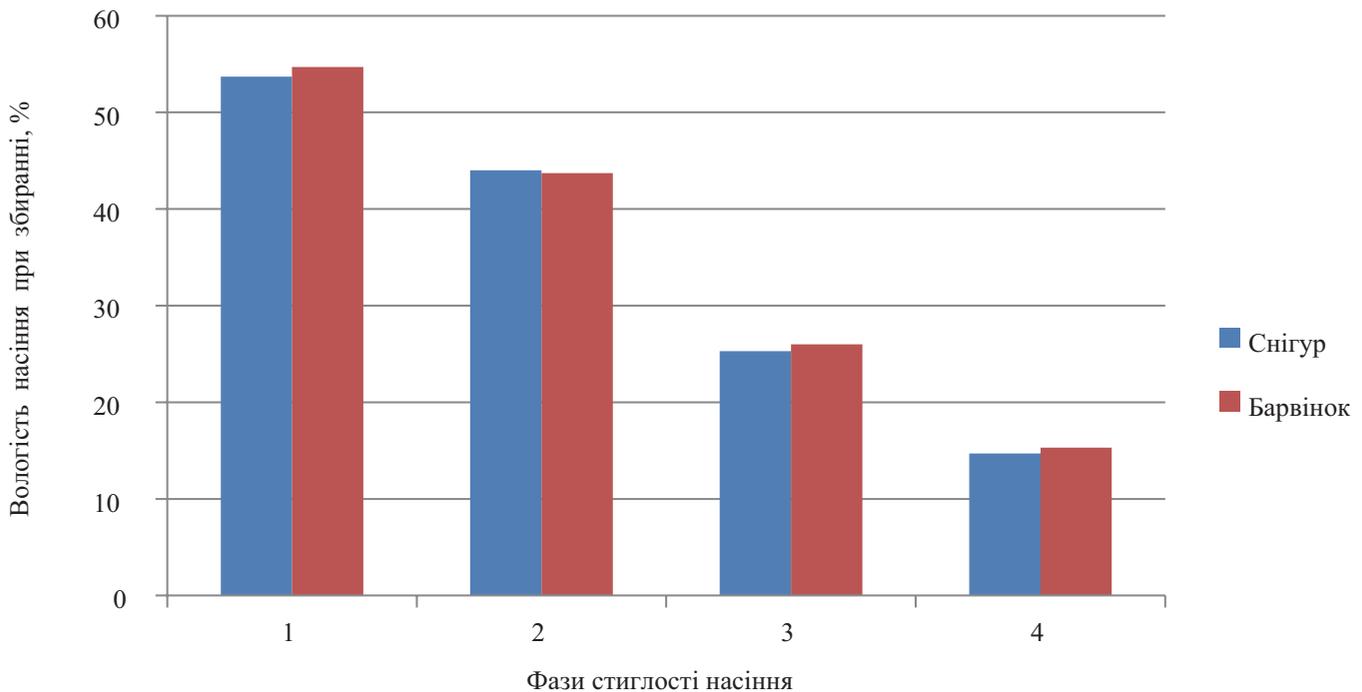


Рис. 1. Динаміка вологовіддачі в процесі досягання насіння люпину білого сортів Снігур і Барвінок, 2021–2023 рр.: 1. Початок пожовтіння корінця зародку; 2. Жовтий корінець зародку; 3. Жовті сім'ядолі; 4. Повна стиглість

технологію вирощування люпину з використанням відповідних засобів малої механізації. Механізоване збирання насіння здійснювали комбайном Сампо-130, добір рослин у різні фази стиглості насіння люпину – вручну. Аналізи з визначення посівних якостей насіння проводили згідно з методикою ДСТУ 4138–2002 «Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості» [20].

Результати та їх обговорення. Вологість насіння – один із важливих показників його якості, що визначає умови і тривалість зберігання. Підвищена вологість призводить до активізації фізіологічних і фізико-хімічних процесів в насінні, внаслідок чого зростає інтенсивність дихання, відбувається самозгрівання насіння та ін. Рівень критичної вологості для зернобобових культур становить 16,0%, а за зниження вологості на 2,0–3,0%, насіння може довго зберігатися і не втрачати свої посівні якості. Насіння із підвищеним вмістом води після збирання потребує негайного досушування, що призводить до значних додаткових витрат на енергоносії і оплату праці.

За результатами визначення вологості насіння люпину білого за збирання у різні фази його стиглості встановлено, що вологість у перший строк збирання (початок пожовтіння корінця зародку) була дуже високою і становила 53,7% у сорту Снігур і 54,7% у сорту Барвінок (рис. 1). Найнижчий вміст

води визначено у насінні четвертого строку збирання (повна стиглість), де він становив 14,7 і 15,3% та був на 1,3 і 0,7% нижчий за рівень критичної вологості, відповідно. За період від першого до четвертого строку збирання вологість насіння в середньому по сортах зменшилась на 39,2%. Інтенсивність вологовіддачі була найбільшою від фази жовтий корінець зародку до фази жовті сім'ядолі, а потім динаміка втрати води знижувалась.

Вміст гігроскопічної води на повітряно-суху речовину у насінні люпину білого за зберігання також змінювався залежно від ступеня його стиглості. Найбільший вміст води визначено у насінні першої фази стиглості (сорт Снігур – 11,0%, сорт Барвінок – 10,7%), а найменший – шостої фази (9,7 і 9,0%, відповідно). Зниження води в сухому насінні люпину загалом становило від першого до четвертого строків збирання 1,3% у сорту Снігур і 1,7% у сорту Барвінок. Найпомітніше зменшення вологості у насінні спостерігали між першим і другим строками збирання (0,9%), а у насінні третього і четвертого строків динаміка змін була вже менш помітною (рис. 2).

Енергія проростання і схожість – важливі показники посівних якостей насіння, які значно впливають на майбутню врожайність. Насіння, яке швидко і одночасно проростає, дає рівномірні сходи та менше пригнічуються бур'янами. Визначення енергії проростання насіння сортів люпину білого Снігур

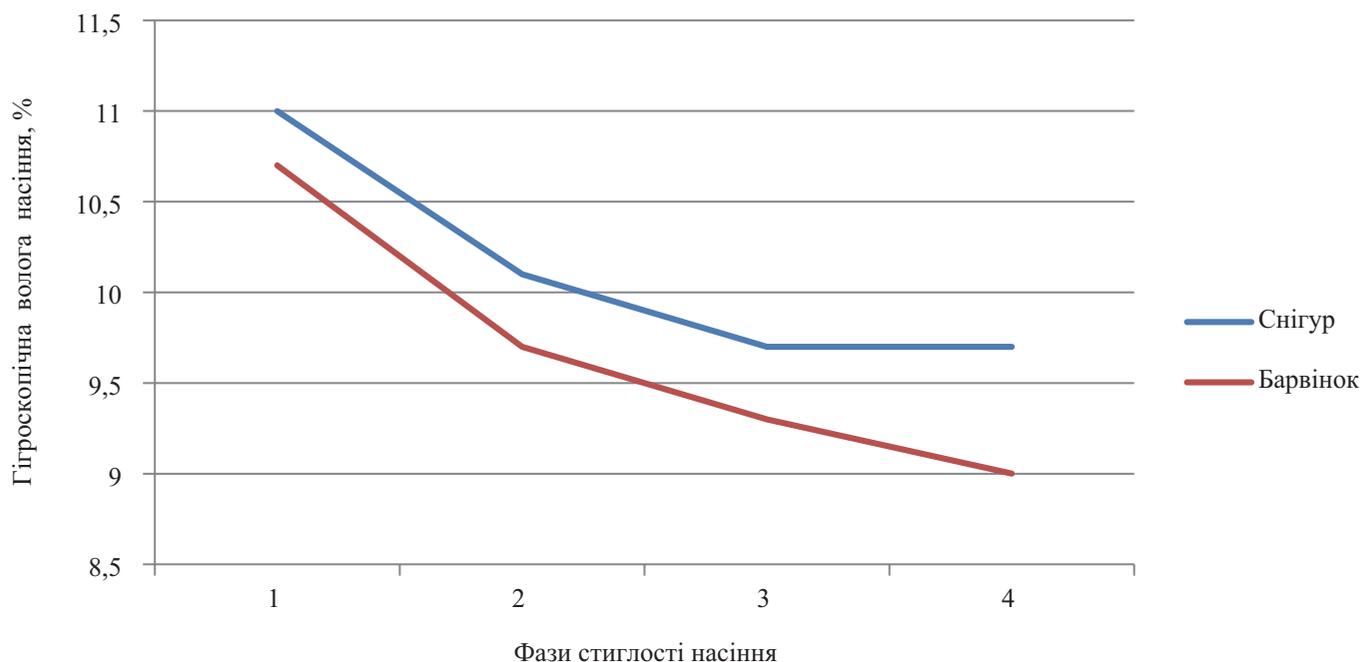


Рис. 2. Гігроскопічна волога на повітряно-суху речовину у насінні люпину білого сортів Снігур і Барвінок за зберігання залежно від фаз стиглості, 2021–2023 рр.:

1. Початок пожовтіння корінця зародку; 2. Жовтий корінець зародку; 3. Жовті сім'ядолі; 4. Повна стиглість

і Барвінок, зібраного у різні фази стиглості, проводили у лабораторних умовах на третю добу після висіву. Встановлено, що енергія проростання насіння першого строку збирання (фаза початок пожовтіння корінця зародку) була мінімальною і коливалась від 79,3% у сорту Снігур до 80,9% у сорту Барвінок (табл. 1). У подальшому визначено зростання цього показника, що становив у середньому по сортах у другій строк 85,3%, у третій – 87,6%, у четвертій – 89,4%. Найвищу енергію проростання у обох сортів встановлено у насінні фази повна стиглість. Варто зазначити, що динаміка зростання енергії проростання

насіння була найінтенсивнішою від першого строку збирання до другого, а потім темпи приросту поступово зменшувалися.

Лабораторна схожість люпину визначається кількістю насінин, що нормально проросли на десятую добу після висіву. Встановлено, що схожість, як і енергія проростання, збільшувалася у міру стиглості насіння, а динаміка її зростання при цьому сповільнювалася. Так, за збирання у фазі стиглості Початок пожовтіння корінця зародку схожість насіння у обох сортів була мінімальною і становила у сорту Снігур 82,9 %, а у сорту Барвінок – 85,0%. Найбільші

Таблиця 1. Посівні якості насіння люпину білого залежно від строків збирання, 2021–2023 рр.

Фаза стиглості насіння	Сорт люпину білого							
	с. Снігур				с. Барвінок			
	енергія проростання		лабораторна схожість		енергія проростання		лабораторна схожість	
	%	– до контролю	%	– до контролю	%	– до контролю	%	– до контролю
Повна стиглість (контроль)	88,6	–	91,2	–	90,1	–	92,4	–
Жовті сім'ядолі	86,7	1,9	89,3	1,9	88,5	1,6	91,2	1,2
Жовтий корінець зародку	84,5	4,1	87,1	4,1	86,2	3,9	88,7	3,7
Початок пожовтіння корінця зародку	79,3	9,3	82,9	8,3	80,9	9,2	85,0	7,4
НІР ₀₅	–	4,0	–	3,5	–	4,2	–	3,9

показники схожості визначені у насінні, що набуло повної стиглості, і становили 91,2–92,4%. Насіння обох сортів за показниками схожості відповідало вимогам ДСТУ 2240–093 (для категорій «оригінальне насіння» – не нижче 87,0%), починаючи вже із фази жовтий корінець зародку, коли становило у середньому по сортах – 87,9% [21].

За результатами візуальної оцінки в процесі пророщування у лабораторних умовах встановлено, що найбільш повноцінні, здорові і добре розвинені проростки сформувало насіння люпину четвертого й третього строків збирання, тобто зібране у фазі повна стиглість та фазі жовті сім'ядолі.

Вплив тривалості зберігання на посівні якості визначали впродовж дев'яти років (2017–2025 рр.) шляхом порівняння з контролем (1 рік зберігання) щорічних показників енергії проростання і лабораторної схожості насіння люпину білого сортів Снігур і Барвінок врожаю 2016 р. (табл. 2).

У 2025 р., після дев'яти років зберігання, енергія проростання насіння у сорту Снігур становила 70,3%, що менше на 19,0% порівняно з показником контролю, який знаходився на рівні 89,3%. Схожість насіння при цьому становила 75,0 і 93,0%, відповідно, тобто зменшилась на 18,0%. У сорту Барвінок максимально висока енергія проростання виявлена також у насіння першого року зберігання (90,3%), а мінімальна – за аналізу насіння у 2025 р. (68,3%). Найнижчі показники схожості насіння становили 72,7%

(9 років зберігання), а найвищі – 92,3% (1 рік зберігання). Отже, у сорту Барвінок зменшення показників посівних якостей насіння за зберігання порівняно з контролем сягало 22,0 і 19,6%, відповідно.

За перші три роки зберігання (2017–2019 рр.) спостерігали незначне зниження посівних якостей насіння в обох досліджуваних сортів люпину білого. Так, показники енергії проростання за цей період у сорту Снігур порівняно з контролем знизились на 1,0%, у сорту Барвінок – на 1,6%, а показники схожості насіння – на 0,7 і 1,3%, відповідно. За результатами аналізу насіння, проведених у 2020–2021 рр., енергія проростання вже зменшилась у середньому по сортах за п'ять років на 6,0%, а схожість насіння – на 4,7%. Після п'яти років зберігання насіння люпину білого зниження посівних якостей відбувалося вже сильніше. Так наприклад, у сорту Снігур спостерігали таку динаміку погіршення посівних якостей: за показниками енергії проростання від'ємне відхилення від контролю на шостий рік зберігання насіння сягало 8,0%, на сьомий – 11,3%, на восьмий – 15,0%, на дев'ятий – 19,0%. За показниками схожості насіння ці відхилення знаходились у межах від 6,7 до 18,0%, відповідно. У сорту Барвінок відбувалися аналогічні зміни посівних якостей насіння: енергія проростання зменшилась від 80,3 до 68,3%, а схожість – від 84,3 до 72,4%.

Згідно з ДСТУ 2240-93 лабораторна схожість у люпину білого повинна бути для категорій «оригінальне

Таблиця 2. Динаміка змін посівних якостей насіння люпину білого за тривалого зберігання, 2017–2025 рр.

Тривалість зберігання насіння, рік	Сорт люпину білого							
	Снігур				Барвінок			
	енергія проростання		лабораторна схожість		енергія проростання		лабораторна схожість	
	%	– до контролю	%	± до контролю	%	– до контролю	%	– до контролю
1 (контроль)	89,3	–	93,0	–	90,3	–	92,3	–
2	89,0	–0,3	93,7	+0,7	90,0	–0,3	91,7	–0,6
3	88,3	–1,0	92,3	–0,7	88,7	–1,6	91,0	–1,3
4	86,3	–3,0	91,0	–2,0	86,3	–4,0	89,3	–3,0
5	84,7	–4,6	89,3	–3,7	83,0	–7,3	86,7	–5,6
6	81,3	–8,0	86,3	–6,7	80,3	–10,3	84,3	–8,0
7	78,0	–11,3	82,7	–10,3	76,7	–13,6	80,3	–12,0
8	74,3	–15,0	78,7	–14,3	72,7	–17,6	77,3	–15,0
9	70,3	–19,0	75,0	–18,0	68,3	–22,0	72,7	–19,6
НІР ₀₅	–	3,7	–	4,1	–	3,6	–	3,1

насіння» (ОН) і насіння до «3 репродукції» (від ЕН до РН-1-3) не нижче 87,0%, а для наступних репродукцій (РН-н) – не нижче 82,0% [21]. Тому, насіння сорту Снігур протягом перших п'яти років зберігання за показниками схожості насіння (89,3–93,7%) відповідає вимогам ДСТУ для вищих категорій і ще два роки – для більш низьких категорій (82,7–86,3%). У сорту Барвінок схожість насіння вища за 87,0% була встановлена впродовж перших чотирьох років зберігання (89,3–92,3%), а вища за 82,0% – наступних двох років (84,3–86,7%). Отже можна зробити висновок, що насіння люпину білого зберігає господарську довговічність і придатне для використання на посів протягом не менш чотирьох років, а для категорій – РН-н навіть до 6 років після отримання врожаю.

Висновки

1. Вологість насіння люпину білого за збирання у першій фазі стиглості становила до 54,7 %. Найменший вміст води визначено у насінні четвертої фази – до 15,3 %. У сухому насінні вміст гігроскопічної води на повітряно-суху речовину за зберігання також змінювався

залежно від його стиглості: найбільший вміст визначено у насінні першої фази стиглості (до 11,0%), а найменший – четвертої (до 9,7%).

2. Встановлена залежність посівних якостей насіння від фази його стиглості: якість насіннєвого матеріалу в процесі дозрівання поліпшувалась, а динаміка таких змін сповільнювалась. Найбільшої якості насіння набувало у фазі повної стиглості: енергія проростання – до 90,1%, лабораторна схожість – до 92,4%.
3. До механізованого збору врожаю люпину білого у виробництві рекомендовано приступати за настання фази повної стиглості насіння. У селекційних і насінницьких розсадниках індивідуальні добори рослин можна розпочинати з настання фази «жовтого корінця зародку насіння».
4. Насіння люпину білого протягом перших чотирьох років зберігання за показниками схожості насіння (89,3–93,7%) відповідає вимогам ДСТУ 2240-93 для вищих категорій (від ЕН до РН-1-3), а для більш низьких категорій (РН-н) навіть до 6 років після отримання врожаю (84,3–86,3%).

ЛІТЕРАТУРА

1. Кіндрок М.О., Соколов В.М., Вишневецький В.В. *Насінництво з основами насіннезнавства*. Київ: Аграрна наука, 2012. 263 с.
2. Технологічні особливості збирання врожаю зерна та сівби озимих культур у господарствах Харківської області в умовах 2022 року: науково-практичні рекомендації. Попов С.І., Кириченко В.В., Кузьмишина Н.В., Коломацька В.П. та інші. Східний міжрегіональний науково-методичний центр. Інститут рослинництва імені В.Я. Юр'єва. Харків, 2022. 53 с.
3. Василенко Н.Є. Умови збирання врожаю насіння багаторічних низових злакових трав. *Таврійський науковий вісник*. 2022. № 125. С.18–25. DOI: <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2022.125.3>.
4. Jimmy Castro, Lucrecia Aguirre, Roberto Distel. Seed quality as related to harvest time in three key Perennial grasses native to puna tussock rangelands of Peru. *International Journal Ecology*. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1155/2021/4346186>.
5. Idaryani, Rauf A.W., Fattah A., and Suriany. Effect of harvest time on soybean seed quality of detap-1 variety. 3rd International Conference on Food Science and Engineering IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science, July 2021. P. 1–7. DOI:10.1088/1755-1315/828/1/012027.
6. Лімонт А.С. Посівна якість насіння льону-довгунця і виробництво рошенцевої льонотрести. *Інженерія природокористування*. 2017. № 1 (7). С. 21–28.
7. Полторецький С.П. Урожайність и качество селекционного материала проса посевного в зависимости от сроков уборки. *Зернобобовые и крупяные культуры*. Умань. 2014. № 4 (12). С. 99–103.
8. Юник А.В., Новицька Н.В., Мокрієнко В.А. Посівні якості насіння ярого ріпаку залежно від удобрення та строків збирання. *Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин*. 2006. № 4. С. 12–18.
9. Yangyang Song, Diane L. Rowland, Barry L. Tillman, Chris H. Wilson, Paul J. Sarnoski, Brendan A. Zurweller. Impact of seed maturity on season-long physiological performance and offspring seed quality in peanut (*Arachis hypogaea* L.). *Field Crops Research*. 1 November 2022. Vol. 288. 108674. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2022.108674>.
10. Sripathy K.V. and Steven P. C. Groot. Seed Development and Maturation. *Science and Technology*.

2023. P. 17–38. DOI: https://doi.org/10.1007/978-981-19-5888-5_2.
11. Новицька Н.В. Посівні якості насіння нуту при зберіганні ex-situ. *Наукові горизонти*. 2019. № 2. (75). С. 39–43. DOI: 10.332491/2663-2144-2019-75-2-39-43.
 12. Чернишенко П.В., Рябуха С.С. Господарська довговічність насіння сої. *Селекція і насінництво*. 2013. Вип. 103. С. 200–205.
 13. Кирпа Н.Я., Базилева Ю.С., Лой О.Ю. Биологическая долговечность и хозяйственная пригодность семян зерновых культур в зависимости от обработки и хранения. *Зерновые культуры*. 2018. Т 2. № 1. С. 29–37.
 14. Birhanu Gebeyehu. Effect of seed storage period and storage environment on seed quality. *International Journal of Applied Agricultural Sciences*. 2020. V. 6. I.6. DOI: :10.11648/j.ijaas.20200606.14.
 15. Новицька Н.В. Модифікаційний вплив на якість та довговічність насіння польових культур. *Рослинництво та ґрунтознавство*. 2019. Т. 10. № 3. С. 12–19. DOI: <https://doi.org/10.31548/agr2019.03.012>.
 16. Миколайко І.І. Якість насіння залежно від умов його зберігання та сортових особливостей. *Таврійський науковий вісник*. 2024. Ч. 1. № 135. С. 118–124. DOI: [DOI:org/10.32782/2226-0099](https://doi.org/10.32782/2226-0099).
 17. Hailu Garkebo Mola, Betlhem Melese Kebele. Effect of seed storage duration and methods on growth and yield of basil variety. *Bioscience and Bioengineering*. 2024. V. 12. I.2. P. 29–36. DOI:10.11648/j.abb.20241202.11.
 18. Bethlehem Melese, Neela Satheesh, Solomon Workneh Fanta, Zewdie Bishaw. Effects of storage bags type and storage duration on seed quality and proximate composition of emmer wheat (*Triticum dicoccum* L.) in Ethiopia. 2022. 8(12). DOI: 10.1016/j.heliyon.2022.e12506.
 19. Monjurul Hasan, Naima Tasnime, Syed Aflatun Kabir Hemel, Apple Mahmud Evaluating the impact of storage duration and storage containers on seed quality and viability of raphanus sativus. *International Journal of Applied Agricultural Sciences*. 2020. 6(6). P. 185–190. URL: <http://www.sciencepublishinggroup.com/j/ijaas>.
 20. ДСТУ 4138-2002. «Насіння сільськогосподарських культур». Методи визначення якості. Технічні умови. Київ: Держстандарт України. 2003, 148 с.
 21. ДСТУ 2240-93. «Насіння сільськогосподарських культур». Сортові та посівні якості. Технічні умови. Київ: Держстандарт України. 1994, 80 с.

REFERENCES

1. I. Kindruk, M. O., Sokolov, V. M., Vyshnevskiy, V. V. (2012). *Nasinnystvo z osnovamy nasinnieznavstva*. [Seed production with the basics of seed science]. Kyiv: Ahrarna nauka. P. 263 [in Ukrainian].
2. Popov, S.I., Kyrychenko, V.V., Kuzmyshyna, N.V., Kolomatska, V.P. ta inshi. (2022). Tekhnolohichni osoblyvosti zbyrannia vrozhaiu zerna ta sivby ozymykh kultur u gospodarstvakh Kharkivskoi oblasti v umovakh 2022 roku: naukovo-praktychni rekomendatsii. [Technological features of grain harvesting and sowing of winter crops in farms of the Kharkiv region in 2022: scientific and practical recommendations]. Skhidnyi mizhrehionalnyi naukovo-metodychnyi tsentr. Instytut roslinnyystva imeni V.Ia. Yurieva. Kharkiv. P. 53 [in Ukrainian].
3. Vasylenko, N.Ie. (2022). Umovy zbyrannia vrozhaiu nasinnia bahatorichnykh nyzovykh zlakovykh trav. [Conditions for harvesting seeds of perennial grasses]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk*, 125, 18–25. DOI: <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2022.125.3> [in Ukrainian].
4. Jimmy Castro, Lucrecia Aguirre, Roberto Distel (2021). Seed quality as related to harvest time in three key Perennial grasses native to puna tussock rangelands of Peru. *International Journal Ecology*. DOI: <https://doi.org/10.1155/2021/4346186> [in English].
5. Idaryani, Rauf A W, Fattah A, and Suriany (2021). Effect of harvest time on soybean seed quality of detap-1 variety. 3rd International Conference on Food Science and Engineering IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science, 1–7. DOI:10.1088/1755-1315/828/1/012027 [in English].
6. Limont, A.S. (2017). Posivna yakist nasinnia lonu-dovhuntsia i vyrobnytstvo roshentsevoi lonotresty [Sowing quality of long-stem flax seeds and production of Roshenets flaxseed]. *Inzheneriia pryrodokorystuvannia*, 1 (7), 21–28 [in Ukrainian].
7. Poltoretskii, S.P. (2014). Urozhainost i kachestvo selektsionnogo materiala prosa posevnogo v zavisimosti ot srokov uborki [Yield and quality of seed millet breeding material depending on harvesting time]. *Zernobobovye i krupyaniye kultury*, 4 (12), 99–103 [in Russian].
8. Yunyk, A.V., Novytska, N.V., Mokriienko, V.A. (2006). Posivni yakosti nasinnia yaroho ripaku

- zalezno vid udobrennia ta strokiv zbyrannia [Sowing qualities of spring rapeseed depending on fertilization and harvesting dates]. *Sortovyvchennia ta okhorona prav na sorty roslyn*, 4, 12–18 [in Ukrainian].
9. Yangyang Song, Diane L. Rowland, Barry L. Tillman, Chris H. Wilson, Sarnoski Paul J., Brendan A. Zurweller (2022). Impact of seed maturity on season-long physiological performance and offspring seed quality in peanut (*Arachis hypogaea* L.). *Field Crops Research*, 288, 108674. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2022.108674> [in English].
 10. Sripathy, K. V. and Steven, P. C. Groot (2023). Seed development and maturation. *Science and Technology*, 17–38. DOI: https://doi.org/10.1007/978-981-19-5888-5_2 [in English].
 11. Novytska, N. V. (2019). Posivni yakosti nasinnia nutu pry zberihanni ex-sity [Sowing qualities of chickpea seeds during ex-sity storage]. *Naukovi horyzonty*, 2 (75), 39–43. DOI: 10.332491/2663-2144-2019-75-2-39-43 [in Ukrainian].
 12. Chernyshenko, P.V., Riabukha, S.S. (2013). Hospodarska dovhovichnist nasinnia soi [Economic durability of soybean seeds]. *Seleksiia i nasinnystvo*, 103, 200–205 [in Ukrainian].
 13. Kirpa, N. Ya., Bazileva, Yu. S., Loi, O. Yu. (2018). Biologicheskaya dolgovechnost i khozyaistvennaya prigodnost semyan zernovikh kultur v zavisimosti ot obrabotki i khraneniya [Biological durability and economic suitability of grain crop seeds depending on processing and storage]. *Zernovie kulturi*, 2(1), 29–37 [in Russian].
 14. Birhanu Gebeyehu (2020). Effect of seed storage period and storage environment on seed quality. *International Journal of Applied Agricultural Sciences*, 6(6). DOI: 10.11648/j.ijaas.20200606.14 [in English].
 15. Novytska, N.V. (2019). Modyfikatsiinyi vplyv na yakist ta dovhovichnist nasinnia polovykh kultur. Modification effect on the quality and durability of field crop seeds. *Roslynnystvo ta gruntoznavstvo*, 10(3), 12–19. DOI: <https://doi.org/10.31548/agr2019.03.012> [in Ukrainian].
 16. Mykolaiko, I.I. (2024). Yakist nasinnia zalezno vid umov yoho zberihannia ta sortovykh osoblyvostei. Seed quality depending on its storage conditions and varietal characteristics. *Tavriskyi naukovyi visnyk*. 1(135), 118–124. DOI: <https://doi.org/10.32782/2226-0099> [in Ukrainian].
 17. Hailu Garkebo Mola, Betlhem Melese Kebele (2024). Effect of seed storage duration and methods on growth and yield of basil variety. *Bioscience and Bioengineering*, 12(2), 29–36. DOI: 10.11648/j.abb.20241202.11 [in English].
 18. Bethlehem Melese, Neela Satheesh, Solomon Workneh Fanta, Zewdie Bishaw (2022). Effects of storage bags type and storage duration on seed quality and proximate composition of emmer wheat (*Triticum dicoccum* L.) in Ethiopia. P. 8(12). DOI: 10.1016/j.heliyon.2022.e12506 [in English].
 19. Monjurul Hasan, Naima Tasnime, Syed Aflaton Kabir Hemel, Apple Mahmud. (2020). Evaluating the impact of storage duration and storage containers on seed quality and viability of raphanus sativus. *International Journal of Applied Agricultural Sciences*, 6(6), 185–190. URL: <http://www.sciencepublishinggroup.com/j/ijaas> [in English].
 20. DSTU 4138-2002. (2003). «Nasinnia silskohospodarskykh kultur». Metody vyznachennia yakosti. Seeds of agricultural crops». Methods of determining quality. Tekhnichni umovy. K., Derzhstandart Ukrainy. P. 148 [in Ukrainian].
 21. DSTU 2240-93. (1994). «Nasinnia silskohospodarskykh kultur». Sortovi ta posivni yakosti. «Seeds of agricultural crops». Varietal and sowing qualities. Tekhnichni umovy. K., Derzhstandart Ukrainy. P. 80 [in Ukrainian].

Levchenko T.M., Baydyuk T.O., Veresenko O.M., Tymoshenko O.O., Gurenko A.V.

Sowing qualities of white lupine seeds depending on harvesting time and storage duration

Aim. Study of the sowing qualities of white lupine seeds depending on the phases of ripeness and storage duration. **Methods.** The object of the research for studying the sowing qualities was the seeds of two varieties of white lupine, Snigur and Barvinok. Research to determine sowing qualities depending on the phases of seed ripeness was carried out in 2021-2023, on the duration of storage - during 2017-2025. Plant selection was carried out in four phases of ripeness of white lupine seeds. Seeds of the 2016 harvest were stored for long-term storage in an uncontrolled environment. Analyses to determine germination energy and germination were carried out according to the DSTU 4138–2002 method. **Results.** Seed moisture content during harvesting in the first phase of ripeness was up to 54.7%, and in the fourth phase – up to 15.3%. The content of hygroscopic moisture during storage varied on average by variety from 10.9% in the seeds of the first phase to – 9.5% in the seeds of the fourth. The quality of seed material improved during the ripening process, and the dynamics of such changes slowed down. The highest

quality seeds were obtained in the phase of full ripeness: germination energy – up to 90.1%, laboratory germination – up to 92.4%. During the first three years of storage, a slight decrease in seed quality was observed. After five years of storage, the decrease in seed quality was already more pronounced. Germination energy indicators decreased on average by varieties in the sixth year of storage by 9.2%, and in the ninth year by 20.5% compared to the control. Seed germination during this period decreased from 85.3 to 73.9%, respectively. It was established that white lupine seeds retain economic durability and are suitable for sowing for at least four years. **Conclusions.** We recommend starting mechanized harvesting of white lupine when the seeds reach full ripeness. In breeding and seed nurseries, individual plant selection can be started from the “yellow root of the seed embryo” phase. White lupine seeds during the first four years of storage in terms of seed germination indicators meet the requirements of DSTU 2240-93 for higher categories.

Key words: maturity phases, germination energy, laboratory germination, humidity, seed durability.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Левченко Т.М., кандидат сільськогосподарських наук, провідний науковий співробітник відділу селекції і насінництва зернобобових, олійних і луб'яних культур, e-mail: lupine53.iz@gmail.com, ORCID: 0000-0002-0394-5363.

Байдюк Т.О., кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник відділу селекції і насінництва зернобобових, олійних і луб'яних культур, e-mail: lupine18@ukr.net, ORCID: 0000-0001-5320-6799.

Вересенко О.М., кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник відділу селекції

і насінництва зернобобових, олійних і луб'яних культур, e-mail: lupine18@ukr.net, ORCID: 0000-0002-7209-4622.

Тимошенко О.О., кандидат сільськогосподарських наук, завідувач лабораторії олійних і луб'яних культур, e-mail: otymoshenkoo@ukr.net, ORCID: 0000-0002-4132-3258.

Гуренко А.В., Молодший науковий співробітник відділу селекції і насінництва зернобобових, олійних і луб'яних культур, e-mail: lupine18@ukr.net, ORCID: 0000-0002-3129-3996.

Levchenko T. M., Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher of the Department of Breeding and Seed Production of Legumes, Oilseeds and Bast Crops, e-mail: lupine53.iz@gmail.com, ORCID: 0000-0002-0394-5363.

Baydyuk T. O., Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher of the Department of Breeding and Seed Production of Legumes, Oilseeds and Bast Crops, e-mail: lupine18@ukr.net, ORCID: 0000-0001-5320-6799.

Veresenko O.M., Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher of the Department of Breeding and Seed

Production of Legumes, Oilseeds and Bast Crops, e-mail: lupine18@ukr.net, ORCID: 0000-0002-7209-4622.

Tymoshenko O.O., Candidate of Agricultural Sciences, Head of the Laboratory of Oilseeds and Bast Crops, e-mail: otymoshenkoo@ukr.net, ORCID: 0000-0002-4132-3258.

Gurenko A.V., Junior Researcher, Department of Breeding and Seed Production of Legumes, Oilseeds and Bast Crops, e-mail: lupine18@ukr.net, ORCID: 0000-0002-3129-3996.

Надійшла 11.01.2025

УРОЖАЙНІСТЬ І ЯКІСТЬ ЗЕРНА СПЕЛЬТИ ОЗИМОЇ ЗА ОРГАНІЧНОГО ВИРОЩУВАННЯ В УМОВАХ ПОЛІССЯ

О.В. Карпишин, В.В. Мойсієнко

Поліський національний університет (м. Житомир, Україна)

Мета. Виявити вплив елементів органічної технології вирощування на якісні показники зерна сортів спельти озимої. **Методи.** У статті наведені трирічні результати досліджень, що проводили в умовах дерново-підзолистих супіщаних ґрунтів Полісся впродовж 2022–2024 рр. Використовували такі методи: польовий, вимірювально-ваговий, лабораторний, математично-статистичний. **Результати.** Установлено, що гідротермічні умови Полісся сприятливі для вирощування спельти озимої. У середньому за роки досліджень сорти спельти озимої Зоря України і Аттергауер Дінкель забезпечили високу врожайність зерна – 4,96 і 5,44 т/га відповідно. Середній вміст білка у зерні сорту Зоря України за внесення добрива *Physio Natur PKS 47 Bio (13-15-19)* і гумінових препаратів Гуміфілд ВР-18, 0,4 л/га + Гумісол-плюс 01 Зернові, 0,5 л/га становив 14,3–14,5%. Зерно сорту Аттергауер Дінкель на удобрених ділянках містило більше білка (14,4%) порівняно з контролем (13,5%). Обприскування посівів лише гуміновими препаратами сприяло підвищенню вмісту білка до 13,8–14,2%, а на фоні добрива *Physio Natur PKS 47 Bio (13-15-19)* – до 14,7–15,4%. Натура зерна спельти озимої істотно залежала від біологічних особливостей сорту, удобрення та позакореневого внесення стимуляторів росту. Найбільша натура зерна виявлена у сорту Аттергауер Дінкель – 758,9 г/л, у сорту Зоря України – 755,5 г/л, що на 28,9 і 28,3 г/л більше порівняно з контролем. Масова частка клейковини в зерні сортів спельти озимої коливалася в діапазоні від 25,8 до 28,6% залежно від погодних умов років досліджень. **Висновки.** Поєднання гранульованого мінерального добрива *Natur PKS 47 Bio (13-15-19)* і дворазового позакореневого внесення гумінових препаратів Гуміфілд ВР-18 (ВВСН 25), 0,4 л/га і Гумісол-плюс 01 Зернові, 0,5 л/га (ВВСН 25 і ВВСН 41) є важливим чинником підвищення врожайності та поліпшення якісних показників зерна спельти озимої за органічної технології вирощування.

Ключові слова: пшениця спельта, сорт, добриво, стимулятори росту рослин, гумінові препарати, білок, натура зерна, клейковина.

Вступ. Усвідомлення взаємозв'язку між харчуванням і здоров'ям людини призвело до збільшення споживання альтернативних зернових культур та продуктів із вищою харчовою цінністю [13; 17]. Якість зерна спельти озимої (*Triticum spelta* L.) є індивідуальною і комплексною ознакою, яка відображає взаємодію сортових особливостей культури, погодних умов вирощування, добрив, стимуляторів росту, збирання, зберігання та переробки зерна. В останні десятиріччя в Україні та інших країнах світу зростає інтерес до спельти – важливої культури для органічного землеробства і цінного джерела здорової їжі [12].

Метою досліджень було вивчення особливостей формування врожайності та якості зерна спельти

залежно від сортових особливостей, удобрення і позакореневого внесення стимуляторів росту в умовах Полісся України.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Завдяки своєму генетичному походженню шведські сорти пшениці (*Triticum aestivum* L.) мали різну концентрацію білка і міцність клейковини. Норма азоту 140 кг/га збільшувала концентрацію білка, зменшувала силу клейковини і підвищувала загальну кількість глютенінів і гліадинів, а також кількість більшості моно- і полімерних білків. Строки внесення добрив не впливали на концентрацію білка. Раннє внесення азотних добрив призвело до підвищення міцності клейковини і вищого відсотка загального

неекстрагованого полімерного білка [16]. Генетичні особливості досліджуваних сортів істотно диференціювали вміст і склад загального білка в зерні. Сорт Франкенкорн характеризувався найвищим вмістом загального білка [18]. Якість зерна сортів пшениці спельти, тобто якість білків і потенціал до бродіння в тісті, ефективність помелу, хлібопекарські властивості, вміст білка і клейковини, перевищувала якість зерна звичайних сортів пшениці [19]. За якісними характеристиками зерна пшениці спельти визначено оптимальний варіант застосування Гумат калію ГК-17 у фазі колосіння та повторно у фазі молочної стиглості за поєднання його з внесенням Agriflex Amino у фазі колосіння. За таких умов натура зерна сорту Зоря України становила 663 г/л, Європа – 680 г/л, Аттергауер Дінкель – 758 г/л, вміст білка був 18,55; 18,27 і 14,70%, а вміст сирої клейковини – 48,8; 41,6 та 33,0% відповідно. Ці значення були кращими в досліді і підтвердили високу ефективність впливу досліджуваних чинників на якісні показники зерна спельти [6]. Середній вміст клейковини у гібридних популяцій 1792 і 1786 був найвищим і становив 44,5%, що переважало стандарт на 0,2%. Вміст клейковини в зерні гібридної популяції 1694 та сорту Європа був нижчим від стандарту відповідно на 3,0 і 8,3% [4]. У фазі повної стиглості у рослин спельти була менша (на 31–57%) вага зерен у колосі головного пагона і зерна з однієї рослини, порівняно з сортами. Водночас для зерна спельти були притаманні: більший, ніж у сортів пшениці м'якої, вміст загального білка та фракції розчинного білка, нижча твердозерність і більший вміст сухої клейковини [11]. Застосування позакореневого підживлення Гумат калію ГК-17 у фазах колосіння і молочної стиглості в сорту Зоря України забезпечило масу насіння з рослини на рівні 1,28–1,29 г. Водночас за поєднання гуматів і обробки рослин регулятором росту Agriflex Amino у фазі колосіння у сорту Європа маса зерен з рослини становила 1,42 г, а в сорту Аттергауер Дінкель – 1,36 г [5].

У дослідженнях високі технологічні показники зерна забезпечує внесення $N_{30} + N_{30}$ на тлі $P_{60}K_{60}$ з позакореневим підживленням у фазі молочної стиглості карбамідом дозою N_{30} [2]. Однак ефективність удобрення змінюється залежно від ґрунтово-кліматичних умов та елементів агротехнології [1].

Якість зерна пшениці спельти змінюється залежно від тривалості зберігання. Так, вміст білка, клейковини і клейковинуотворювальних його фракцій

найвищий після зберігання впродовж 90 діб. Ці показники майже не змінювалися після 180–270 діб зберігання [9].

Методи досліджень. Дослідження проводили в умовах ПП «Галекс Агро» Звягельського р-ну Житомирської обл. впродовж 2022–2024 рр. Агрохімічна характеристика ґрунтів дослідних ділянок така: вміст гумусу – 1,53%, азоту, що легко гідролізується – 57,7 мг/кг, рухомих форм фосфору – 54,3 мг/кг та калію – 62 мг/кг ґрунту, рН ґрунту (сол.) – 5,3.

Схема досліду включала такі варіанти: Фактор А – сорти спельти: 1. Зоря України; 2. Аттергауер Дінкель; Фактор В – удобрення: 1. Без добрив (контроль); 2. Physio Natur PKS 47 Bio (13-15-19); Фактор С – стимулятор росту (позакоренева обробка гуміновими препаратами): 1. Контроль; 2. Гуміфілд ВР-18, 0,4 л/га (ВВСН 25); 3. Гумісол-плюс 01 Зернові, 0,5 л/га – двічі: ранньовесняне кушення (ВВСН 25) і поява прапорцевого листка (ВВСН 41); 4. Гумісол-плюс 01 Зернові, 0,5 л/га – двічі + Гуміфілд ВР-18, 0,4 л/га. Облікова площа ділянки 100 м², повторність досліду триразова, розміщення ділянок у досліді систематичне. Попередник спельти – горох посівний на зерно.

Гуміфілд ВР-18 – універсальний антистресант для обробки насіння та позакореневого внесення. Сертифікований для органічного виробництва продукції. Впливає на ріст кореневої системи рослин, зменшує дію різних стресів. У зернових культур цей препарат сприяє збільшенню врожаю і покращанню якісних показників зерна. Гумісол-плюс 01 Зернові – рідкий препарат гумінової природи, оскільки вироблений на основі вермикомпосту. Він містить мікроелементи (Fe, Cu, Zn, Co, Mo, Mn, B), природа яких близька до сполук рослинної клітини. Physio Natur PKS 47 Bio (13-15-19) – гранульоване мінеральне добриво з високим вмістом фосфору (P_2O_5), калію (K_2O), сірки (SO_3), а також містить 30% кальцію (CaO), 2% магнію (MgO). Рекомендовано для використання в органічному землеробстві. Вносили в рядки одночасно з сівбою.

Система обробітку ґрунту під пшеницю спельта загальноприйнята для поліської зони і включає оранку плугами MULTI-LEADER X на глибину 18–20 см. Передпосівний обробіток виконувався агрегатом Kompaktomat PS відповідно до глибини загортання насіння. Осиму спельту висівали у рекомендовані для цієї зони строки: 4 жовтня (2021 р.), 7 жовтня (2022 р.) та 2 жовтня (2023 р.). Сівбу здійснювали

посівним комплексом AMAZONE Cirrus 6001. Норма висіву становила 2,9 млн схожих насінин на гектар.

Позакореневе підживлення виконували причіпним обприскувачем Титан-3000 у рекомендованих виробником дозах застосування. Витрата води під час обробки становила 200 л/га. Збирання врожаю здійснювали методом прямого комбайнування – Claas Tucasno 320 (у терміни 10.07.2022 р., 18.07.2023 р., 14.07.2024 р.). Урожайність визначали шляхом поділянкового зважування, з подальшим коригуванням на 100% чистоту зерна та базову вологість 14%.

Дослідження проводили з використанням таких методів: польовий – відбір зразків ґрунту (ДСТУ ISO 10381-1:2004) для визначення агрохімічної характеристики: гумус за Тюрніним в модифікації В.М. Симакова (ДСТУ 4289:2004), азот, що легко гідролізується за Корнфілдом (ДСТУ 4362:2004), рухомий фосфор і калій за Кірсановим (ДСТУ 4405:2005), кислотність, рН_{сол.} (ДСТУ 4362:2004) [8]; вимірювально-ваговий – для проведення обліку врожаю зерна спельти за Єщенко В. О. та ін. [10]; лабораторний – для визначення якісних показників зерна сортів спельти (ДСТУ 4234:2003 Зернові культури; ДСТУ ISO 21415-2:2009 Пшениця та пшеничне борошно. Вміст клейковини; ГОСТ 10846-91. Метод визначення білка; ГОСТ 10840-64 (Зерно. Методи визначення натур); математично-статистичний – для проведення дисперсійного аналізу і статистичної обробки даних за Ушкаренко В. О. та ін. [3].

Результати та їх обговорення. Установлено, що за внесення мінерального добрива Physio Natur PKS 47 Біо (13-15-19) в середньому за роки досліджень сорт спельти Зоря України на контрольному варіанті (без гумінових препаратів) показав урожайність 4,19 т/га. Внесення Гуміфілд ВР-18, 0,4 л/га сприяло підвищенню врожайності до 4,29 т/га. Гумісол-плюс 01 Зернові, 0,5 л/га у позакореневе підживлення сприяв зростанню врожайності до 4,43 т/га. Максимальний показник 4,96 т/га отримано за комплексного застосування гумінових препаратів і добрива Physio Natur PKS 47 Біо (13-15-19).

Аналогічну тенденцію спостерігали для сорту Аттергауер Дінкель. На контрольному варіанті (без внесення добрив та гумінових препаратів) урожайність культури сягала 4,04 т/га, що на 0,53 т/га перевищує сорт Зоря Україна. Внесення у позакореневе підживлення Гуміфілд ВР-18, 0,4 л/га не вплинуло на середню врожайність (4,04 т/га). Використання Гумісол-плюс 01 Зернові, 0,5 л/га підвищило врожайність

до 4,15 т/га, а найкращий результат (4,33 т/га) зафіксовано за застосування обох гумінових препаратів. Найвищий показник (5,44 т/га) отримано за комбінованого застосування гумінових препаратів, що на 0,48 т/га більше порівняно з сортом Зоря України.

За даними науковців погодні умови впливають на врожайність і якість зерна пшениці спельти та пшениці м'якої, особливо під час перезимівлі культур. Упродовж 2010 і 2012 рр. посіви перезимували добре і врожайність пшениці м'якої була на 27,6% і 30,1%, відповідно, вищою, ніж у спельти. Через контрастні зимові умови 2011 р. з надзвичайно високими температурами в січні та різким зниженням температури до -25 °С посіви пшениці м'якої були зріджені більше, ніж посіви спельти, що призвело до істотно нижчої врожайності зерна пшениці м'якої. Застосування екологічного добрива Екоплант окремо, а також у поєднанні з Біокалом 01 та Терра Сорб Фоліар сприяло збільшенню біометричних показників – маси стебла, довжини і маси колоса, кількості зерен у колосі [15].

Результати досліджень свідчать, що вегетаційний період спельти у 2021–2022 рр. розпочався за підвищених температур повітря порівняно з багаторічною нормою і за нестачі вологи в ґрунті. У жовтні й листопаді кількість опадів становила лише 3,0 і 19,7 мм за місячної норми 44 мм. Значні опади випали в грудні й січні (83,1 та 57,5 мм), а також на період весняного відростання рослин спельти (68,7 мм). Загалом погодні умови весняно-літньої вегетації були сприятливими для росту рослин і формування врожайності зерна обох сортів спельти. Вегетаційний період 2022–2023 рр. характеризувався для рослин спельти достатнім тепловим і водним режимом у період сівби й осінньої вегетації. Температура повітря зимових місяців була вищою порівняно з багаторічною нормою (рис. 1).

Період травень–липень, і до збирання зерна, супроводжувався опадами в межах норми (окрім травня 5,7 мм) та середньою місячною температурою 14,8–20,6 °С. Вегетаційний період 2023–2024 рр. супроводжувався теплою погодою і опадами під час сівби, у період перезимівлі та весняно-літньої вегетації рослин спельти. Зима і весняно-літній періоди були теплими, середньомісячні температури повітря значно перевищували середні багаторічні показники (рис. 2).

Харчова цінність пшениці насамперед залежить від хімічного складу зерна, зазвичай від вмісту білків

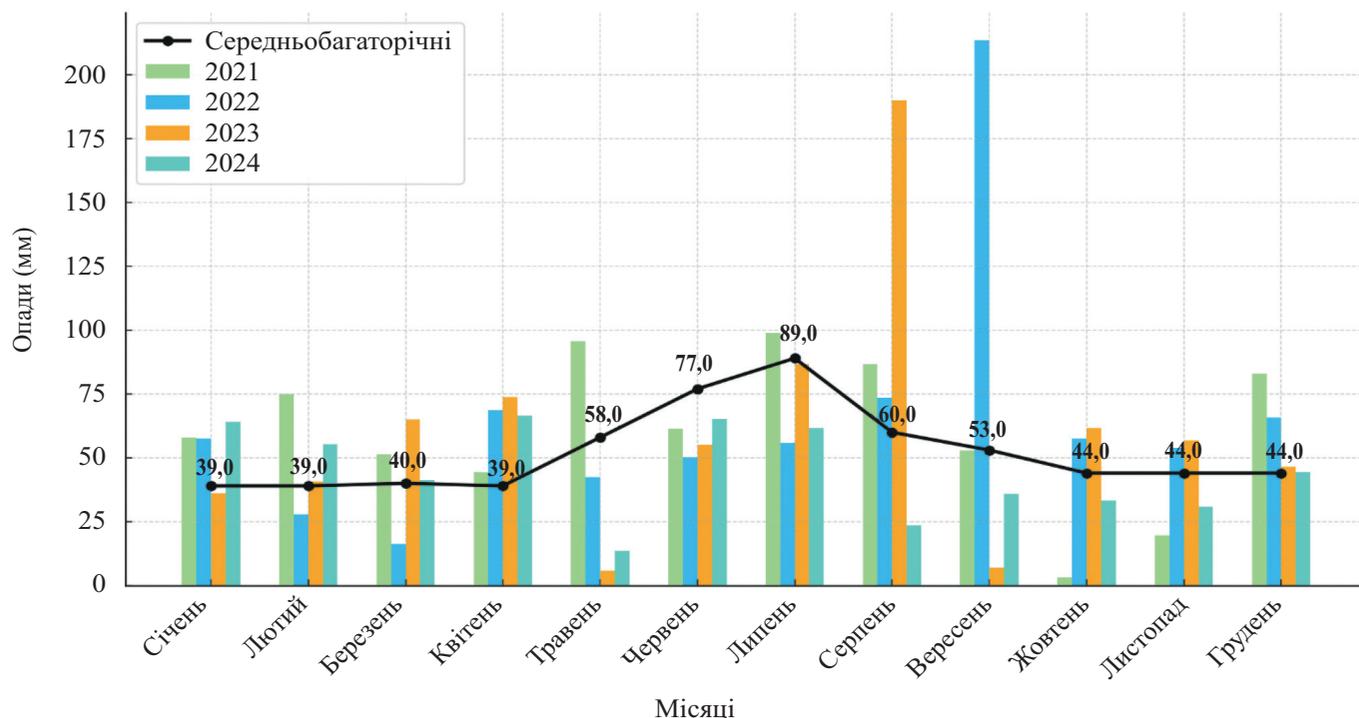


Рис. 1. Кількість опадів впродовж вегетаційного періоду спельти озимої, мм (2021–2022; 2022–2023 і 2023–2024 рр.)

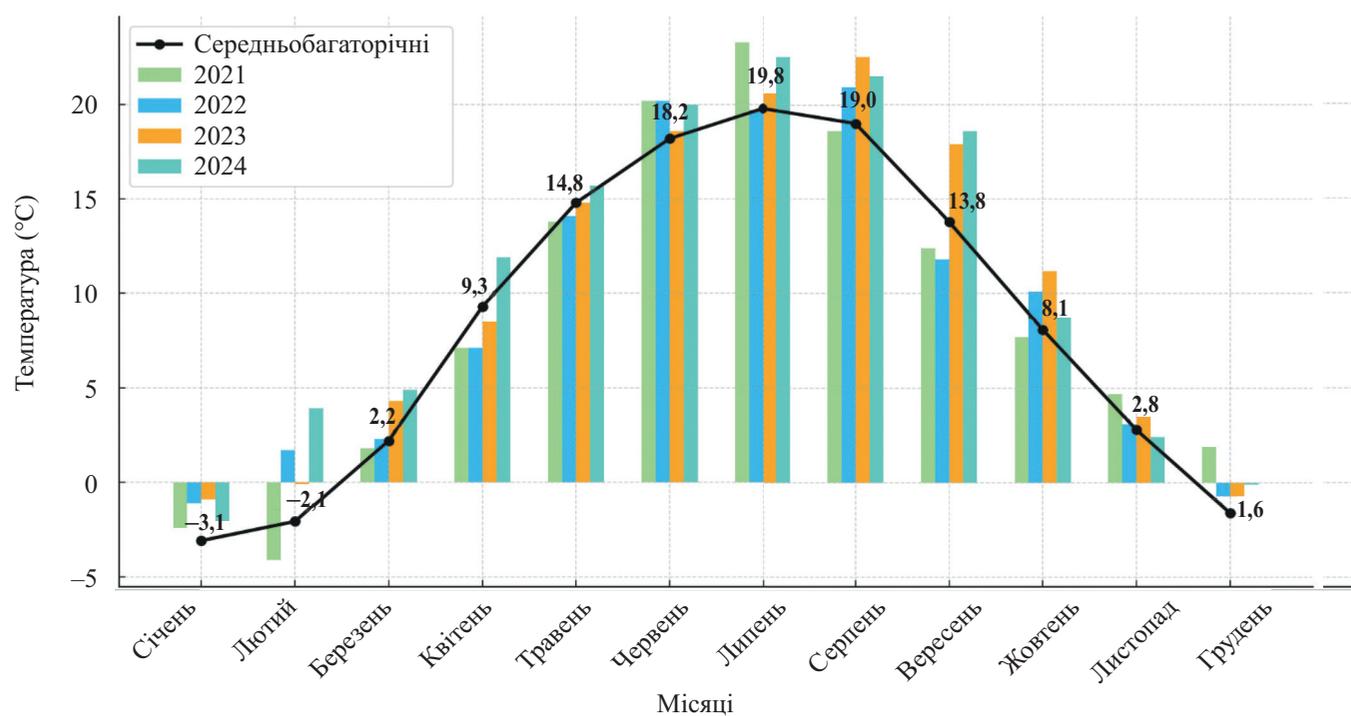


Рис. 2. Температура повітря впродовж вегетаційного періоду спельти озимої, °C (2021–2022; 2022–2023 і 2023–2024 рр.)

і амінокислот. Технологічні властивості зерна також залежать від вмісту клейковинних білків, які визначають хлібопекарські властивості борошна. Виявлено, що вища урожайність зерна (5,72–6,27 т/га) сформувалася у рослин сортів пшениці м'якої озимої, а вищі показники якості зерна – у сортів спельти [7]. Вчені відмічають, що спельта відрізняється

від пшениці тим, що має більш високий вміст білка (15,6% для спельти, 14,9% для пшениці), вищий вміст ліпідів (2,5% і 2,1% відповідно), менший вміст нерозчинної клітковини (9,3% і 11,2% відповідно) і нижчий загальний вміст клітковини (10,9% і 14,9% відповідно). Немає істотних відмінностей у вмісті крохмалю, цукру та розчинної клітковини, і існує

якісна різноманітність на рівнях білка, арабіноксилану та жирних кислот [14].

Виявлено, що уміст білка в зерні сорту Зоря України на варіанті без добрив і гумінових препаратів за роками досліджень становив 13,1% (2022 р.), 13,9% (2023 р.) і 13,7% в 2024 р. (табл. 1).

Обприскування посівів препаратом Гуміфілд ВР-18, 0,4 л/га сприяло збільшенню умісту білка в середньому за три роки на 0,2%. За комбінованої позако-реневої обробки рослин Гуміфілд ВР-18, 0,4 л/га + Гумісол-плюс 01 Зернові, 0,5 л/га даний показник становив 14,0%. Застосування добрива Physio Natur PKS 47 Біо (13-15-19) збільшувало уміст білка до 14,3%, а гумінові препарати забезпечили 14,4–14,5%. Зерно сорту Аттергауер Дінкель на удоб-рених ділянках містило більше білка (14,4%) порів-няно з контролем (13,5%). Обприскування посівів лише гуміновими препаратами сприяло підвищенню

вмісту білка до 13,8–14,2%, а на фоні добрива Physio Natur PKS 47 Біо (13-15-19) – до 14,7–15,4%.

Натура зерна пшениці спельта – це якісний показ-ник, що визначається масою певного об'єму зерна і вимірюється в грамах на один літр (г/л). Він тісно пов'язаний із дозріванням зерна і закінченістю про-цесів синтезу поживних речовин у ньому.

Установлено, що натура зерна спельти озимої за-лежить від біологічних особливостей сорту, удобрен-ня і використання стимулятора росту (табл. 2).

Натура зерна сорту Зоря України в середньому за три роки досліджень на неудобрених ділянках знахо-дилася в межах від 727,2 г/л до 742,2 г/л. За внесен-ня добрива Physio Natur PKS 47 Біо (13-15-19) цей показник зростав до 742,2–755,5 г/л. За рахунок вне-сення добрива натура зерна збільшилася на 15,0 г/л. Середній приріст натури зерна за рахунок препа-рату Гуміфілд ВР-18, 0,4 л/га становив на фоні до-брива 2,8 г/л, препарату Гумісол-плюс 01 Зернові,

Таблиця 1. Уміст білка в зерні спельти озимої залежно від сорту, удобрення та внесення гумі-нових препаратів (2022–2024 рр.)

Сорт (Фактор А)	Удобрення (Фактор В)	Стимулятор росту (Фактор С)	Білок, %				
			2022	2023	2024	середнє	
Зоря України	Без добрив	Контроль	13,1	13,9	13,7	13,6	
		Гуміфілд ВР-18, 0,4 л/га	13,5	14,1	13,9	13,8	
		Гумісол-плюс 01 Зернові, 0,5 л/га*	13,8	14,1	14,0	14,0	
		Гуміфілд ВР-18, 0,4 л/га + + Гумісол-плюс 01 Зернові, 0,5 л/га*	14,0	14,1	14,0	14,0	
	Physio Natur PKS 47 Біо (13-15-19)	Контроль	13,9	14,8	14,2	14,3	
		Гуміфілд ВР-18, 0,4 л/га	13,8	14,7	14,3	14,3	
		Гумісол-плюс 01 Зернові, 0,5 л/га*	14,0	14,8	14,6	14,5	
		Гуміфілд ВР-18, 0,4 л/га + Гумісол-плюс 01 Зернові, 0,5 л/га*	13,8	14,9	14,5	14,4	
	Аттергауер Дінкель	Без добрив	Контроль	13,1	13,7	13,8	13,5
			Гуміфілд ВР-18, 0,4 л/га	13,7	13,6	14,1	13,8
Гумісол-плюс 01 Зернові, 0,5 л/га*			13,5	14,0	14,0	13,8	
Гуміфілд ВР-18, 0,4 л/га + + Гумісол-плюс 01 Зернові, 0,5 л/га*			13,9	14,2	14,5	14,2	
Physio Natur PKS 47 Біо (13-15-19)		Контроль	14,0	14,1	15	14,4	
		Гуміфілд ВР-18, 0,4 л/га	14,2	14,6	15,4	14,7	
		Гумісол-плюс 01 Зернові, 0,5 л/га*	14,1	14,7	15,2	14,7	
		Гуміфілд ВР-18, 0,4 л/га + + Гумісол-плюс 01 Зернові, 0,5 л/га*	14,8	15,8	15,5	15,4	
НІР ₀₅ , т/га: 2022 АВС – 0,23; А – 0,08; В – 0,08; С – 0,12; АВ – 0,12; АС – 0,17; ВС – 0,17 2023 АВС – 0,21; А – 0,08; В – 0,08; С – 0,11; АВ – 0,11; АС – 0,15; ВС – 0,15 2024 АВС – 0,25; А – 0,09; В – 0,09; С – 0,13; АВ – 0,13; АС – 0,18; ВС – 0,18							

Примітка. Обробляли двічі (ранньовесняне кушення і поява прапорцевого листка).

0,5 л/га – 3,3 г/л, а за комбінованої обробки Гуміфілд ВР-18, 0,4 л/га + Гумісол-плюс 01 Зернові, 0,5 л/га відповідно 13,3 г/л.

Виявлено, що показники натуре зерна у сорту Аттергауер Дінкель були дещо вищими порівняно із сортом Зоря України. Так, на варіантах без добрива натура зерна в середньому за роки досліджень знаходилася в межах від 730,0 до 744,4 г/л. Застосування мінерального добрива Physio Natur PKS 47 Біо (13-15-19) сприяло отриманню натуре зерна 746,1 г/л, що на 16,1 г/л перевищувало даний показник у сорту Зоря України. До того ж препарат Гуміфілд ВР-18, 0,4 л/га підвищував натуре зерна на 3,9 г/л, препарат Гумісол-плюс 01 Зернові, 0,5 л/га (двічі) – на 6,1 г/л. Найбільший показник натуре зерна отримано за обробки посівів препаратами Гуміфілд ВР-18, 0,4 л/га + Гумісол-плюс 01 Зернові, 0,5 л/га (двічі) на фоні добрива Physio Natur PKS 47 Біо (13-15-19) і становив 758,9 г/л.

Масова частка сирієї клейковини є важливим показником якості зерна спельти озимої та завдяки своїм властивостям вона надає тісту відповідної форми, розтяжності й пружності, це критерій оцінки хлібопекарських якостей (табл. 3).

Незалежно від погодних умов року досліджень і факторів, що вивчалися в досліді, масову частку клейковини спостерігали в діапазоні від 25,8 до 28,6%. У зерні сорту Аттергауер Дінкель вміст клейковини був достовірно вищим порівняно із сортом Зоря України. Середній показник масової частки клейковини у зерні сорту Зоря України на неудообреному варіанті становив 26,1%, а за внесення добрива Physio Natur PKS 47 Біо (13-15-19) – 26,7%. На варіантах з обприскуванням посівів гуміновими препаратами у різних комбінаціях без удобрення частка клейковини зростала до 26,2–26,6%, а на фоні добрива Physio Natur PKS 47 Біо (13-15-19) відповідно до 27,1–27,6%.

Таблиця 2. Натура зерна спельти озимої залежно від сорту, удобрення та внесення гумінових препаратів (2022–2024 рр.)

Сорт (Фактор А)	Удобрення (Фактор В)	Стимулятор росту (Фактор С)	Натура, г/л			
			2022	2023	2024	середнє
Зоря України	Без добрив	Контроль	731,7	726,7	723,3	727,2
		Гуміфілд ВР-18, 0,4 л/га	736,7	733,3	730,0	733,3
		Гумісол-плюс 01 Зернові, 0,5 л/га*	731,7	743,3	731,7	735,6
		Гуміфілд ВР-18, 0,4 л/га + + Гумісол-плюс 01 Зернові, 0,5 л/га*	743,3	741,7	741,7	742,2
	Physio Natur PKS 47 Біо (13-15-19)	Контроль	743,3	736,7	746,7	742,2
		Гуміфілд ВР-18, 0,4 л/га	748,3	743,3	743,3	745,0
		Гумісол-плюс 01 Зернові, 0,5 л/га*	743,3	745,0	748,3	745,5
		Гуміфілд ВР-18, 0,4 л/га + Гумісол-плюс 01 Зернові, 0,5 л/га*	755,0	753,3	758,3	755,5
Аттергауер Дінкель	Без добрив	Контроль	733,3	723,3	733,3	730,0
		Гуміфілд ВР-18, 0,4 л/га	738,3	735,0	738,3	737,2
		Гумісол-плюс 01 Зернові, 0,5 л/га*	738,3	741,7	736,7	738,9
		Гуміфілд ВР-18, 0,4 л/га + Гумісол-плюс 01 Зернові, 0,5 л/га*	738,3	743,3	751,7	744,4
	Physio Natur PKS 47 Біо (13-15-19)	Контроль	745,0	746,7	746,7	746,1
		Гуміфілд ВР-18, 0,4 л/га	745,0	743,3	761,7	750,0
		Гумісол-плюс 01 Зернові, 0,5 л/га*	753,3	743,3	760,0	752,2
		Гуміфілд ВР-18, 0,4 л/га + + Гумісол-плюс 01 Зернові, 0,5 л/га*	756,7	751,7	768,3	758,9
НІР ₀₅ , т/га: 2022 АВС – 6,71; А – 2,37; В – 2,37; С – 3,36; АВ – 3,36; АС – 4,75; ВС – 4,75 2023 АВС – 8,09; А – 2,86; В – 2,86; С – 4,04; АВ – 4,04; АС – 5,72; ВС – 5,72 2024 АВС – 5,95; А – 2,11; В – 2,11; С – 2,98; АВ – 2,98; АС – 4,21; ВС – 4,21						

Примітка. Обробляли двічі (ранньовесняне кушення і поява прапорцевого листка).

Таблиця 3. Масова частка сирової клейковини в зерні спелости озимої залежно від сорту, удобрення та внесення гумінових препаратів (2022–2024 рр.)

Сорт (Фактор А)	Удобрення (Фактор В)	Стимулятор росту (Фактор С)	Масова частка сирової клейковини, %			
			2022	2023	2024	середнє
Зоря України	Без добрив	Контроль	25,9	26,3	26,0	26,1
		Гуміфілд ВР-18, 0,4 л/га	25,8	26,6	26,2	26,2
		Гумісол-плюс 01 Зернові, 0,5 л/га*	26,0	26,9	26,3	26,4
		Гуміфілд ВР-18, 0,4 л/га + + Гумісол-плюс 01 Зернові, 0,5 л/га*	26,5	26,8	26,6	26,6
	Physio Natur PKS 47 Bio (13-15-19)	Контроль	26,6	26,6	26,9	26,7
		Гуміфілд ВР-18, 0,4 л/га	27,0	27,3	27,0	27,1
		Гумісол-плюс 01 Зернові, 0,5 л/га*	27,1	27,7	27,1	27,3
		Гуміфілд ВР-18, 0,4 л/га + + Гумісол-плюс 01 Зернові, 0,5 л/га*	27,4	28,0	27,4	27,6
Аттергауер Дінкель	Без добрив	Контроль	26,4	27,3	26,7	26,8
		Гуміфілд ВР-18, 0,4 л/га	26,6	27,3	27,0	27,0
		Гумісол-плюс 01 Зернові, 0,5 л/га*	26,7	27,7	27,3	27,2
		Гуміфілд ВР-18, 0,4 л/га + + Гумісол-плюс 01 Зернові, 0,5 л/га*	26,9	27,8	27,5	27,4
	Physio Natur PKS 47 Bio (13-15-19)	Контроль	27,2	28,1	27,8	27,7
		Гуміфілд ВР-18, 0,4 л/га	27,5	28,3	28,0	28,0
		Гумісол-плюс 01 Зернові, 0,5 л/га*	27,5	28,5	28,0	28,0
		Гуміфілд ВР-18, 0,4 л/га + + Гумісол-плюс 01 Зернові, 0,5 л/га*	27,8	28,6	28,1	28,2
НІР ₀₅ , т/га: 2022 АВС – 0,20; А – 0,07; В – 0,07; С – 0,10; АВ – 0,10; АС – 0,14; ВС – 0,14 2023 АВС – 0,24; А – 0,08; В – 0,08; С – 0,12; АВ – 0,12; АС – 0,17; ВС – 0,17 2024 АВС – 0,18; А – 0,06; В – 0,06; С – 0,09; АВ – 0,09; АС – 0,13; ВС – 0,13						

Примітка. Обробляли двічі (ранньовесняне кушення і поява прапорцевого листка).

Внесення добрива Physio Natur PKS 47 Bio (13-15-19) під спелу озиму сорту Аттергауер Дінкель сприяло підвищенню масової частки клейковини на 0,9%. Гумінові препарати збільшували вміст клейковини до 27,0–27,4%, що на 0,2–0,6% більше порівняно до контролю (без добрив). Найбільша масова частка клейковини у сорту Аттергауер Дінкель відмічена за позакореневої обробки посівів препаратами Гуміфілд ВР-18, 0,4 л/га + Гумісол-плюс 01 Зернові, 0,5 л/га на фоні добрива Physio Natur PKS 47 Bio (13-15-19), яка становила 28,2%.

ВИСНОВКИ

За комбінованого застосування гумінових препаратів і добрива Physio Natur PKS 47 Bio (13-15-19), що рекомендовані для органічного виробництва, отримано найвищу врожайність зерна спелости озимої сорту Аттергауер Дінкель – 5,44 т/га і сорту Зоря України – 4,96 т/га.

Уміст білка у зерні сорту Зоря України на удобрених ділянках і оброблених стимуляторами росту становив 14,4–14,5%, що на 0,8–0,9% більше порівняно з контролем (без добрив і обробки посівів гуміновими препаратами). Максимальний уміст білка отримали у зерні сорту Аттергауер Дінкель за поєднання добрива Physio Natur PKS 47 Bio (13-15-19) та препаратів Гуміфілд ВР-18, 0,4 л/га + Гумісол-плюс 01 Зернові, 0,5 л/га – 15,4%.

Внесення гранульованого мінерального добрива Physio Natur PKS 47 Bio (13-15-19) в рядки і гумінових препаратів у позакореневе підживлення рослин спелости озимої істотно впливає на підвищення напути зерна у сорту Зоря України – 755,5 г/л і сорту Аттергауер Дінкель – 758,9 г/л, що на 28,3 і 28,9 г/л більше, ніж на контролі.

Найбільша масова частка клейковини у зерні сортів Аттергауер Дінкель і Зоря України відмічена

за обробки посівів препаратами Гуміфілд ВР-18, 0,4 л/га + Гумісол-плюс 01 Зернові, 0,5 л/га на фоні

добрива Physio Natur PKS 47 Біо (13-15-19), яка становила відповідно 28,2% і 27,6%.

ЛІТЕРАТУРА

1. Вожегова Р.А., Димов О.М. Застосування добрив як запорука збереження родючості ґрунтів і стійкого розвитку сільськогосподарського виробництва. *Таврійський науковий вісник*. 2016. Вип. 96. С. 21–30.
2. Господаренко Г., Ткаченко І. Якість пшениці спельти залежно від особливостей удобрення азотними добривами. *Вісник Львівського НАУ*. 2014. № 18. С. 68–75.
3. Дисперсійний і кореляційний аналіз результатів польових дослідів : монографія / Ушкаренко В.О., Нікіщенко В.Л., Голобородько С.П., Ковківхін С.В. Херсон : Айлант, 2009. 372 с.
4. Діордієва І.П., Єщенко О.В., Новак Ж.М. Урожайність та вміст клейковини в зерні сортів і гібридних популяцій пшениці спельти. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва*. 2017. Вип. 90. С. 173–179.
5. Заїка Н.В., Карпук Л.М. Особливості структури врожаю спельти (*Triticum spelta* L.) в умовах Лісостепу України. *Новітні агротехнології*. 2023. Т. 11, № 1. doi : <https://doi.org/10.47414/na.11.1.2023.285496>.
6. Заїка Н.В., Карпук Л.М. Урожайність та якість зерна спельти (*Triticum spelta* L.) в умовах Лісостепу України. *Агробіологія*. 2023. № 1. С. 114–122. doi: <https://doi.org/10.33245/2310-9270-2023-179-1-114-122>.
7. Корхова М.М. Продуктивність сортів пшениці спельти озимої в південному Степу України. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2019. Вип. 4. С. 30–37. DOI: [https://doi.org/10.31521/2313-092X/2019-4\(104\)](https://doi.org/10.31521/2313-092X/2019-4(104)).
8. Лісовал А.П. Методи агрохімічних досліджень : підручник. Київ : НАУ, 2001. 247 с.
9. Любич В.В., Желізна В.В. Хлібопекарські властивості зерна пшениці спельти залежно від удобрення і тривалості зберігання. *Агробіологія*. 2021. №1. С. 75–84.
10. Основи наукових досліджень в агрономії / В.О. Єщенко, П.Г. Копитко, В.П. Опришко, П.В. Костоґриз. Київ : Дія, 2005. 288 с.
11. Ружицька О.М., Борисова О.В. Ріст, продуктивність та якість зерна озимої спельти за умов Півдня Степової зони України. *Вісн. ОНУ. Біологія*. 2015. Т. 20. Вип. 1 (36). С. 47–58.
12. Твердохліб О.В. Спельта і полба в органічному землеробстві. *Посібник українського хлібороба*. 2013. С. 154–155.
13. Формування якості макаронів і кондитерських виробів із зерна пшениці спельти / Г. М. Господаренко, С.П. Полторецький, В. В. Любич [та ін.]. *Вісник аграрної науки Причорномор'я : науковий журнал*. 2018. Вип.1(97). С. 199–210.
14. Escarnot E., Jacquemin J., Agneessens R. & Paquot M. Comparative review of the content and profiles of macronutrients in spelt and wheat. *Biothechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, 2012. 16. P. 243–256.
15. Jablonskyte-Rasce, D.; Maiksteniene, S.; Mankeviciene, A. Evaluation of productivity and quality of common wheat (*Triticum aestivum* L.) and spelt (*Triticum spelta* L.) in relation to nutrition conditions. *Zemdirbyste-Agriculture*. 2013. 100. P.45–56.
16. Johansson E., Prieto-Linde M.L., Svensson G. Influence of nitrogen application rate and timing on grain protein composition and gluten strength in Swedish wheat cultivars. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 2004. 167. P. 345–350.
17. Kandić Vesna et al. Spelt wheat (*Triticum spelta*) and common bread wheat compared for nutritional contents and functional-technological properties. *Chil. j. agric. res.* [online]. 2023, vol.83, n.2, pp.146–158. doi : <http://dx.doi.org/10.4067/s0718-58392023000200146>.
18. Krochmal-Marczak B., Sawicka B. Nutritional value of spelt wheat (*Triticum spelta* L.) cultivated in Podkarpacie. *Herbalism*. 2016. 1. 146–159.
19. Ratajczak K., Sulewska H., Szymanska G., Matysik P. Agronomic traits and grain quality of selected spelt wheat varieties versus common wheat. *J. Crop Improv.* 2020, 34. P. 654–675. DOI: 10.1080/15427528.2020.1761921.

REFERENCES

1. Vozhehova R.A., Dymov O.M. (2016). Zastosuvannya dobryv yak zaporuka zberezhenia rodiuchosti gruntiv i stiikoho rozvytku silskohospodarskoho vyrobnytstva [Fertilizer application as a guarantee of soil fertility preservation and sustainable development of agricultural production]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk*, 96, 21–30 [in Ukrainian].
2. Hospodarenko H., Tkachenko I. (2014). Yakist psheynytsi spelyty zalezchno vid osoblyvostei udobrennia azotnymy dobryvamy [Quality of spelt wheat depending on the peculiarities of fertilization with nitrogen fertilizers]. *Visnyk Lvivskoho NAU*, 18, 68–75 [in Ukrainian].
3. Dyspersiynyi i koreliatsiynyi analiz rezultativ polovykh doslidiv (2009). [Dispersion and

- correlation analysis of the results of field experiments]: monohrafiia / Ushkarenko V.O., Nikishenko V.L., Holoborodko S.P., Kokovikhin S.V. Kherison : Ailant. P. 372 [in Ukrainian].
4. Diordiieva I.P., Yeshchenko O.V., Novak Zh.M. (2017). Urozhainist ta vmist kleikovyny v zerni sortiv i hibrydnykh populiatsii pshenytsi spelty [Yield and gluten content in grain of spelt varieties and hybrid populations]. *Zbirnyk naukovykh prats Umanskoho natsionalnoho universytetu sadivnytstva, 90*, 173–179. [in Ukrainian].
 5. Zaika N.V., Karpuk L.M. (2023). Osoblyvosti struktury vrozhaiu spelty (*Triticum spelta* L.) v umovakh Lisostepu Ukrainy [Features of the structure of the spelt (*Triticum spelta* L.) harvest in the conditions of the Forest-Steppe of Ukraine]. *Novitni ahrotekhnologii, 11, 1*. doi: <https://doi.org/10.47414/na.11.1.2023.285496> [in Ukrainian].
 6. Zaika N.V., Karpuk L.M. (2023). Urozhainist ta yakist zerna spelty (*Triticum spelta* L.) v umovakh Lisostepu Ukrainy [Yield and quality of spelt grain (*Triticum spelta* L.) in the conditions of the Forest-Steppe of Ukraine]. *Ahrobiolohiia, 1*, 114–122. doi: <https://doi.org/10.33245/2310-9270-2023-179-1-114-122> [in Ukrainian].
 7. Korkhova M.M. (2019). Produktyvnist sortiv psheynytsi spelty ozymoi v pivdennomu Stepu Ukrainy [Productivity of winter spelt varieties in the southern Steppe of Ukraine]. *Visnyk ahrarnoi nauky Prychornomia, 4*, 30–37. DOI: [https://doi.org/10.31521/2313-092X/2019-4\(104\)](https://doi.org/10.31521/2313-092X/2019-4(104)) [in Ukrainian].
 8. Lisoval A.P. (2001). Metody ahrokhimichnykh doslidzhen [Methods of agrochemical research: a textbook]: pidruchnyk. Kyiv : NAU. P. 247 [in Ukrainian].
 9. Liubych V.V., Zheliezna V.V. (2021). Khlibopekarski vlastyvoli zerna pshenytsi spelty zalezho vid udobrennia i tryvalosti zberihannia [Baking properties of spelt wheat grain depending on fertilization and storage time]. *Ahrobiolohiia, 1*, 75–84 [in Ukrainian].
 10. Osnovy naukovykh doslidzhen v ahronomii (2005). [Fundamentals of scientific research in agronomy] / V.O. Yeshchenko, P.H.Kopytko, V.P. Opryshko, P.V. Kostohryz. Kyiv : Diia. P. 288. [in Ukrainian].
 11. Ruzhytska O.M., Borysova O.V. (2015). Rist, produktyvnist ta yakist zerna ozymoi spelty za umov Pivdnia Stepvoi zony Ukrainy [Growth, productivity and quality of winter spelt grain in the conditions of the Southern Steppe zone of Ukraine]. *Visn. ONU. Biolohiia, 20, 1 (36)*, 47–58 [in Ukrainian].
 12. Tverdokhlib O.V. (2013). Spelta i polba v orhanichnomu zemlerobstvi [Spelt and emmer in organic farming]. *Posibnyk ukrainskoho khlivoroba*. P. 154–155 [in Ukrainian].
 13. Formuvannia yakosti makaroniv i kondyterskykh vyrobiv iz zerna pshenytsi spelty (2018). [Formation of the quality of pasta and confectionery products from spelt wheat grain] / H.M. Hospodarenko, S.P. Poltoretskyi, V.V. Liubych [ta in.]. *Visnyk ahrarnoi nauky Prychornomia : naukovyi zhurnal, 1(97)*, 199–210 [in Ukrainian].
 14. Escarnot E., Jacquemin J., Agneessens R. & Paquot M. (2012). Comparative review of the content and profiles of macronutrients in spelt and wheat. *Biothechnologie, Agronomie, Société et Environnement, 16*, 243–256 [in English].
 15. Jablonskyte-Rasce, D., Maiksteniene, S.; Mankeviciene, A. (2013). Evaluation of productivity and quality of common wheat (*Triticum aestivum* L.) and spelt (*Triticum spelta* L.) in relation to nutrition conditions. *Zemdirbyste-Agriculture*. 100. 45–56 [in English].
 16. Johansson E., Prieto-Linde M.L., Svensson G. Influence of nitrogen application rate and timing on grain protein composition and gluten strength in Swedish wheat cultivars. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 2004. 167. 345–350 [in English].
 17. Kandić Vesna et al. (2023). Spelt wheat (*Triticum spelta*) and common bread wheat compared for nutritional contents and functional-technological properties. *Chil. j. agric. res.*, 83, 2, 146–158. doi: <http://dx.doi.org/10.4067/s0718-58392023000200146> [in English].
 18. Krochmal-Marczak B., Sawicka B. (2016). Nutritional value of spelt wheat (*Triticum spelta* L.) cultivated in Podkarpacie. *Herbalism, 1*, 146–159 [in English].
 19. Ratajczak K., Sulewska H., Szymanska G., Matysik P. (2020). Agronomic traits and grain quality of selected spelt wheat varieties versus common wheat. *J. Crop Improv.*, 34, 654–675. DOI: 10.1080/15427528.2020.1761921 [in English].

Karpyshyn O.V., Moisiienko V.V.

Yield and quality of winter spelt grain under organic cultivation in Polissya

Aim. To determine the influence of elements of organic cultivation technology on the quality indicators of winter spelt varieties. **Methods.** The article presents the three-year results of research conducted in the conditions of

sod-podzolic sandy loam soils of Polissya during 2022–2024. The following methods were used: field, measuring and weighing, laboratory, mathematical and statistical. **Results.** It was found that the hydrothermal conditions of Polissya are favorable for growing winter spelt, whose varieties provided high grain yields on average – 4.96 t/ha (Zarya Ukrainy) and 5.44 t/ha (Atterhauer Dinkel). The average protein content in the grain of Zorya Ukrainy variety after applying Physio Natur PKS 47 Bio (13-15-19) and Humifield BP-18, 0.4 l/ha + Humisol-plus 01 grain, 0.5 l/ha was 14.3–14.5%. Grain of the Attergauer Dinkel variety in the fertilized areas contained more protein (14.4%) compared to the control (13.5%). Spraying the crops with humic preparations only increased the protein content to 13.8–14.2%, and against the background of Physio Natur PKS 47 Bio (13-15-19) fertilizer – to 14.7–15.4%. The grain nature of winter spelt significantly depended on the biological characteristics of the variety, fertilizer and plant growth stimulants. The highest grain weight was found in the variety Attergauer Dinkel – 758.9 g/l, in the variety Zorya Ukrainy – 755.5 g/l, which is 28.9 and 28.3 g/l more than in the control (without fertilizers). Regardless of the weather conditions of the year of research and the factors studied in the experiment, the mass fraction of gluten was observed in the range from 25.8 to 28.6%. **Conclusions.** The combination of granular mineral fertilizer Natur PKS 47 Bio (13-15-19) and humic preparations Humifield BP-18 (BBSN 25), 0.4 l/ha and Humisol-plus 01 grain, 0.5 l/ha twice (BBSN 25 and BBSN 37), which are recommended for organic grain production, is an important factor in increasing yields and improving the quality of spelt grain.

Key words: spelt wheat, variety, fertilizer, plant growth stimulants, humic preparations, protein, grain nature, gluten.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Карпишин О.В., аспірант, Поліський національний університет, e-mail: karpishin_97@ukr.net, ORCID: 20009-0005-9921-3739.

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

Karpyshyn O.V., postgraduate, Polissia National University, e-mail: karpishin_97@ukr.net, ORCID: 20009-0005-9921-3739

Moisiienko V.V., doctor of agricultural sciences, Polissia National University, e-mail: veraprof@ukr.net, ORCID: 0000-0001-8880-9864.

Надійшла 20.12.2024

ОПТИМІЗАЦІЯ ВОДНОГО РЕЖИМУ ПОСІВІВ СОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД СИСТЕМ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ ТА УДОБРЕННЯ ДЛЯ СТАЛОГО АГРОВИРОБНИЦТВА

В.П. Кирилюк¹, Т.М. Тимошук², М.О. Колесніков³,
В.В. Мойсієнко², Н.М. Плотницька²

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

²Поліський національний університет (м. Житомир, Україна)

³Таврійський державний агротехнологічний університет
імені Дмитра Моторного (м. Запоріжжя, Україна)

Мета. З'ясувати залежність накопичення доступної вологи в ґрунті і формування урожайності зерна сої від обробітку ґрунту та системи удобрення чорноземному опідзоленому середньосуглинковому ґрунті. **Методи.** Польові дослідження проведені у 4-пільній сівозміні протягом 2019–2022 рр. на чорноземному опідзоленому середньосуглинковому ґрунті. Використані методи досліджень: польовий, лабораторний, статистичний і порівняльно-розрахунковий. **Результати.** Представлено запаси доступної вологи у 0–40 см шарі ґрунті на стадії ВВСН 61–65 сої за дії систем удобрення і обробітку різних ґрунту. Встановлено особливості формування продуктивності сої за дії полицевих і консерваційних обробіток ґрунту на мінеральному і органо-мінеральному удобренні. **Висновки.** Максимальну кількість доступної вологи у 0–40 см шарі ґрунту зафіксовано на фоні органо-мінерального удобрення за чизельної (34,9 мм) і диференційованої (35,4) системи обробітку ґрунту. Найвищу продуктивність сої (2,49 і 2,55 т/га) зафіксовано за умов мінерального та органо-мінерального удобрення в поєднанні з чизельним обробітком ґрунту. У фазі цвітіння встановлено середній кореляційний зв'язок між урожайністю зерна та запасами доступної вологи у шарі ґрунту 0–40 см за мінерального удобрення ($r = 0,66$) і слабкий – за органо-мінерального удобрення ($r = 0,36$). Найбільш вагомий вплив на формування врожайності зерна сої мала система удобрення, частка якої становила 62,5% ($P \leq 0,05$). Результати цього дослідження можуть істотно поглибити розуміння сталого управління ґрунтовими ресурсами та посилити адаптацію сільського господарства до кліматичних викликів.

Ключові слова: запаси продуктивної вологи, урожайність, органо-мінеральне живлення, мінеральне живлення, консерваційний обробіток ґрунту, взаємодія факторів, дисперсійний аналіз.

Вступ. Наразі у світі спостерігається дефіцит харчового білка і в найближчі десятиліття ця тенденція збережеться. Проблема зниження вживання білка з їжею посилюється так званим «прихованим голодом» внаслідок дефіциту у раціонах вітамінів та макро- і мікроелементів. Традиційним шляхом збільшення ресурсів харчового і кормового рослинного білка є вирощування зернобобових культур. Найбільшим вмістом білків у зерні, особливо лізину, характеризується соя. Одним із резервів збільшення виробництва соєвих бобів є оптимізація технології вирощування культури за використання систем обробітку ґрунту і удобрення. Це є особливо актуальним

в умовах зміни клімату і дефіциту вологи. Отже, розробка і дослідження способів обробітку ґрунту, що сприяють поліпшенню водного режиму, раціональному використанню рослинами наявної вологи та запобігають непродуктивним її витратам внаслідок випаровування є перспективними і потребують уточнення.

Вивчення стану проблеми. Соя (*Glycine max*) має велике економічне і соціальне значення завдяки високому вмісту олії (18%), високоякісному білку (до 40%), позитивній ролі у збереженні родючості ґрунтів, високій продуктивності і прибутковості [1]. Соеві боби є джерелом полісахаридів, харчових волокон,

фітостеролів, лецитинів, сапонінів і фітохімічних речовин (ізофлавононів). Завдяки їй цінним властивостям, вживання соєвих продуктів у раціоні харчування людини сприяє зміцненню здоров'я, зниженню частоти виснажливих хвороб, зокрема гіперглікемія, гіпертонія, дисліпідемія, ожиріння, запалення, рак і ін. Окрім харчового напрямку, сою використовують також для виробництва паперу, пластмаси, фармацевтичних препаратів, чорнила, фарб, лаків, пестицидів, косметики і біодизеля [2]. Соє є досить вимогливою культурою до погодних умов протягом вегетаційного періоду. Лімітувальним чинником отримання високої врожайності сої є забезпечення рослин вологою особливо у фазі цвітіння, формування бобів і наливу зерна [3]. За даними вчених внаслідок посухи втрати зерна можуть коливатися від 45 до 70%. За умов зміни клімату необхідно мінімізувати стресовий вплив посухи на рослини і захистити генетичний потенціал культури.

Істотний вплив на фізико-хімічні властивості ґрунту і продуктивність сільськогосподарських культур має якісний обробіток ґрунту, як ключовий захід агротехнологій [4]. Однією із основних технологічних операцій у сільськогосподарському виробництві, що безпосередньо впливає на ріст і розвиток сільськогосподарських культур є оранка [5; 6]. За даними науковців глибока оранка необхідна на полях для забезпечення глибоко вкорінених рослин додатковими поживними речовинами [7]. Не менш важливими аспектами обробітку ґрунту є управління поживними рештками та підвищення рівномірного розподілу вологи, збільшення постачання поживними речовинами культур та зменшення шкідників і бур'янів [8]. Однак, незважаючи на потенційні переваги, сучасні звичайні методи обробітку ґрунту мають серйозні недоліки, зокрема посилюють деградацію ґрунту внаслідок збільшення темпів ерозії, порушують структуру ґрунту, ущільнюють і руйнують верхній шар, спричиняють втрату вологи і органічної речовини, знижують біорізноманіття ґрунту [9]. Ці негативні наслідки спонукають до об'єктивного перегляду стратегій і розробки найкращих практик сталого управління для підтримки здоров'я ґрунту, посилення поглинання вуглецю, зменшення викидів парникових газів та гарантій продовольчої безпеки. Крім того, це допоможе запропонувати і врахувати кращі екосистемні послуги ґрунту у прийнятті рішень для забезпечення сталого землекористування [10].

Встановлено, що у посушливих регіонах за умов недостачі опадів важливим для збереження вологості

і покращання продуктивності сільського господарства є консерваційний обробіток ґрунту. Встановлено, що при нульовому обробітку ґрунту з мульчуванням соломою і нульовому обробітку ґрунту із залишенням стерні збільшується уміст вологи в ґрунті [11]. У праці висвітлено позитивні ефекти консерваційного обробітку ґрунту, а саме зменшення ерозії ґрунту, збереження структури ґрунту, підвищення умісту органічного вуглецю в ґрунті, підвищення родючості ґрунту і утримання вологи [12; 13]. Усі ці переваги сприяють сталому розвитку сільського господарства та пом'якшують погіршення довкілля. На думку вчених оптимізація глибини обробітку ґрунту може покращити стан ґрунту, зберегти ресурси і підвищити загальну стійкість сільського господарства [14]. Системи консерваційного обробітку ґрунту сприяють збереженню ґрунту та вологи в ньому, а також підвищенню врожайності культур. Перегнілі рослинні рештки за впливу консерваційного обробітку ґрунту покращують структуру ґрунту та здоров'я ґрунту. Усе це та стійкості системи сільськогосподарських культур [15]. Встановлено, що за безполіцевих систем обробітку ґрунту із використанням в удобренні соломи спостерігали істотне збільшення кількості продуктивної вологи (на 22%) у метровому шарі ґрунту у фазі сходів кукурудзи, ячменю ярого і пшениці озимої порівняно з поліцевою системою [16].

Надмірне застосування синтетичних добрив може призводити до зміни рН ґрунту, зменшенню умісту органічної речовини та негативно впливати на корисні ґрунтові мікроорганізми. І навпаки, використання органічних добрив позитивно впливає на рівень рН, водоутримувальну здатність, доступність поживних речовин і поглинання вуглецю та сприяє мікробному різноманіттю ґрунту [17]. У праці науковців висвітлено позитивний вплив інтегрованого управління поживними речовинами на здоров'я ґрунту та врожайність сільськогосподарських культур. Розумне управління поживними речовинами відіграє важливе значення у поліпшенні кругообігу поживних речовин, запобіганню дисбалансу та підкисленню ґрунтів [18]. За даними вчених збалансоване використання органічних добрив і мінімальної кількості хімічних добрив позитивно впливає на підвищення ефективності використання поживних речовин [19]. Імплементация таких практик має важливе значення для сталого сільського господарства. Регулювання водного режиму ґрунту є пріоритетним питанням для забезпечення сталого сільського господарства [20].

Оскільки більшість фізичних властивостей ґрунту, у тому числі і запаси вологи в ґрунті істотно варіюють упродовж року, досить важливо враховувати ці зміни для розробки найкращої практики стійкого управління та збереження ґрунтів. Раціоналізація методів обробітку ґрунту для заміни полицевого обробітку ґрунту безполицевими може бути альтернативою для досягнення стійкості сільського господарства і зменшення негативного впливу на агроєкосистеми.

Мета дослідження – оцінити вплив різних систем основного обробітку ґрунту і удобрення та особливості накопичення доступної вологи у ґрунті та формування урожайності зерна сої. Завданнями цього дослідження були: визначити запаси вологи у 0–40 см шарі ґрунту у фазі цвітіння сої за дії систем обробітку ґрунту і удобрення; охарактеризувати вплив обробіток ґрунту і систем удобрення на формування врожайності зерна сої; встановити кореляційну залежність урожайності сої від запасів вологи у 0–40 см шарі ґрунту у фазі цвітіння за мінерального і органо-мінерального удобрення і різних обробітку ґрунту.

Матеріали та методи досліджень. Дослідження проводили протягом 2019–2022 рр. в умовах Хмельницької державної сільськогосподарської дослідної станції на чорноземному опідзоленому середньосуглинковому ґрунті. 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 – $12,5 - 19,61$ мг на 1 кг сухого ґрунту, калію – $65,0 - 72,0$ мг на 1 кг сухого ґрунту. Схема досліду 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. Диференційований (на глибину 25–27 см). Фактор Б – система удобрення: 1. Мінеральна – $N_{60}P_{60}K_{60}$; 2. Органо-мінеральна – $N_{30}P_{30}K_{30}$ + солома пшениці озимої + N_{10} на 1 т соломи.

Площа облікової ділянки становила 40 м^2 . Розміщення варіантів у досліді систематичне, повторність чотириразова. Сою вирощували за загальноприйнятою технологією у короткоротаційній сівозміні після пшениці озимої. Чергування сільськогосподарських культур у 4-пільній сівозміні було таке: пшениця озима, соя, ячмінь ярий, гірчиця біла. Дослідження проводили за загальноприйнятими методиками. Зразки ґрунту для визначення вологості відбирали у фазі

цвітіння. Вологість ґрунту здійснювали термостатно-ваговим методом пошарово. Запаси продуктивної вологи в ґрунті обраховували за формулою 1:

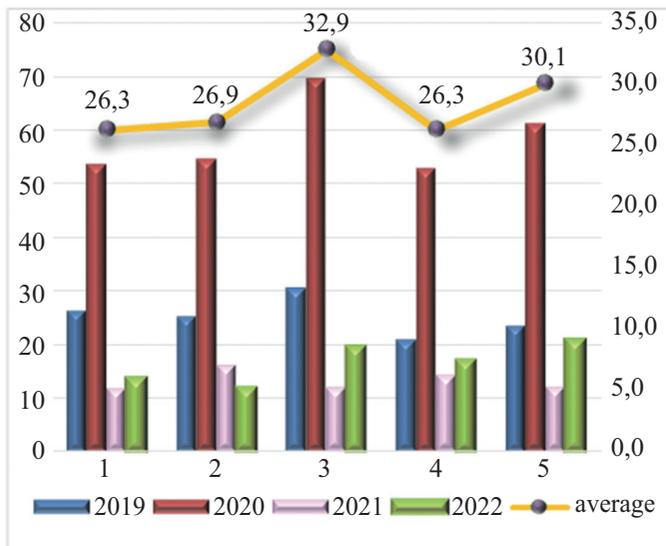
$$W_{\text{з.в.}} = (h \times D_v \times W) / 10, \quad (1)$$

де $W_{\text{з.в.}}$ – запаси вологи у ґрунті, мм; h – товщина шару ґрунту, см; D_v – об'ємна маса ґрунту, г/см^3 ; W – вологість ґрунту, %; 10 – коефіцієнт переведення в мм.

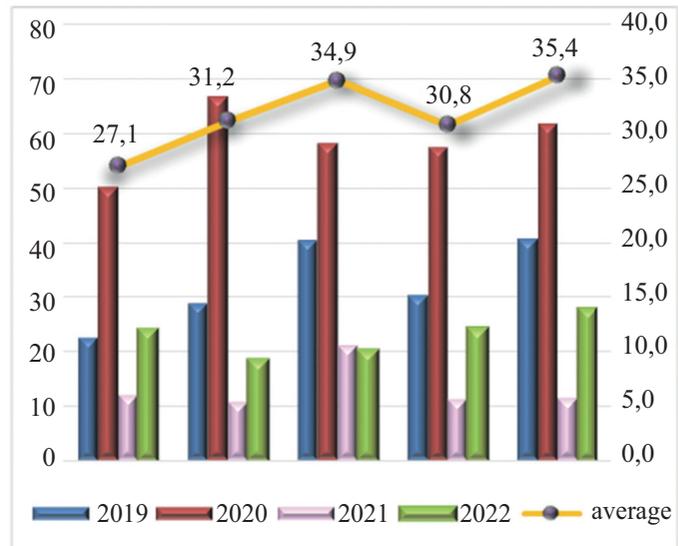
Для перерахунку запасів продуктивної вологи в мм/га отриманий показник ділили на 10. Облік урожайності сої проводили у фазі повної стиглості шляхом збирання з кожної ділянки окремо та зважування зерна. Математичну обробку результатів досліджень здійснювали методом дисперсійного аналізу з використанням прикладних комп'ютерних програм Excel та Statistica 6.0. Агрометеорологічні умови протягом років дослідження істотно відрізнялися від середньобогаторічних параметрів за сумою опадів, показниками температури та їх розподілом упродовж вегетаційного періоду.

Результати та їх обговорення. Найменший уміст вологи (26,3 мм) у шарі ґрунту 0–40 см на стадії цвітіння рослин сої виявлено за полицевого і дискового обробітку ґрунту на фоні використання органо-мінеральної системи удобрення (рис. 1). За використання мінеральної системи удобрення на стадії ВВСН 61-65 сої у шарі ґрунту 0–40 см встановлено максимальну кількість доступної вологи (32,9 мм) за чизельного обробітку ґрунту.

За диференційованої системи обробітку ґрунту кількість вологи була 31,1 мм, що вище на 25% і 14% відповідно порівняно з проведенням полицевого обробітку. Використання органо-мінеральної системи удобрення забезпечує максимальну кількість доступної вологи у 0–40 см шарі ґрунту за чизельної (34,9 мм) і диференційованої (35,4 мм) системи обробітку ґрунту. Це більше на 29% і 31% порівняно з контролем. Найменший уміст вологи (27,1 мм) встановлено за полицевого обробітку ґрунту (контроль). За використання органо-мінеральної системи удобрення уміст доступної ґрунтової вологи у 0–40 см шарі під час цвітіння сої був вищим на 0,8–5,3 мм порівняно з мінеральним фоном залежно від системи обробітку ґрунту. Отже, вищий запас доступної вологи у 0–40 см шарі ґрунту на стадії цвітіння сої виявили за диференційованої і чизельної системи на обох фонах удобрення. Зафіксовано також помітну перевагу органо-мінерального удобрення (3–18%) над мінеральним, що істотно вплинуло на формування врожайності культури.



Мінеральна система удобрення



Органо-мінеральна система удобрення

Рис. 1. Запаси вологи у 0–40 см шарі ґрунту за дії обробітку ґрунту і удобрення на стадії ВВСН 61-65 сої (2019–2022 рр.), мм

Примітка. 1–Полицевий обробіток ґрунту (контроль); 2–Плоскорізний обробіток ґрунту; 3–Чизельний обробіток ґрунту; 4–Дисковий обробіток ґрунту; 5– Диференційований обробіток ґрунту.

У результаті статистичного аналізу встановлені показники частки впливу досліджуваних факторів А (обробіток ґрунту) і В (система удобрення) на накопичення вологи в 0–40 см шарі ґрунту на стадії ВВСН 61-65 сої (рис. 2).

У результаті двофакторного дисперсійного аналізу встановлено, що максимальний вплив (60,0%) на запаси доступної вологи виявили системи обробітку ґрунту. Частка впливу удобрення на запаси вологи у 0–40 см шарі ґрунту становить 24,2%. Дія кожного з факторів на запас вологи є достовірною та має значущість на рівні $P \leq 0,05$. Разом із тим частка взаємодії досліджуваних факторів незначна і сягає всього 6,2%.

За внесення мінеральних добрив ($N_{60}P_{60}K_{60}$) урожайність зерна сої в середньому за чотири роки експерименту варіювала в межах від 2,25 до 2,49 т/га (рис. 3).

За плоскорізної системи обробітку ґрунту на мінеральному фоні удобрення спостерігали зменшення

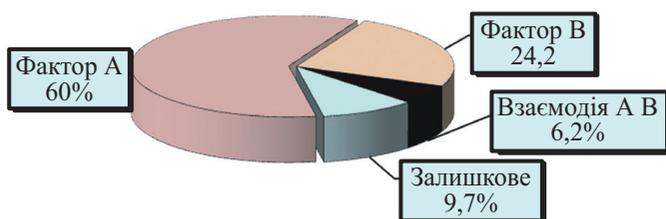
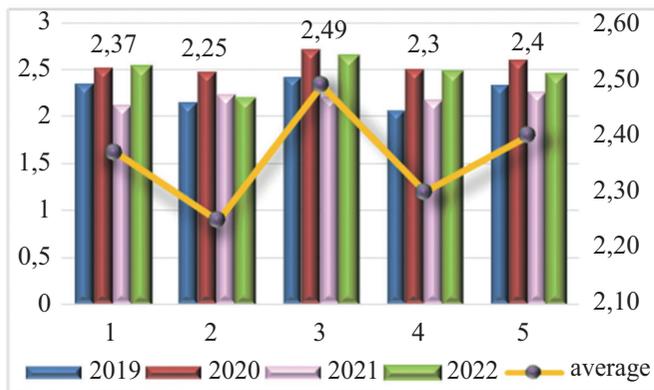
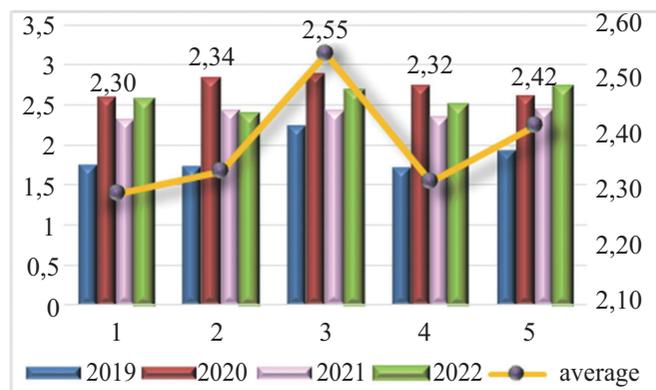


Рис. 2. Частка впливу досліджуваних факторів на кількість вологи в 0–40 см шарі ґрунту на стадії ВВСН 61-65 сої (HIP_{05} фактор А = 0,811 мм, HIP_{05} фактор В = 0,207 мм)

на 5% урожайності зерна сої порівняно з контролем. За використання мінерального удобрення і чизельного обробітку ґрунту зафіксовано максимальну врожайність зерна сої—2,49 т/га. Це на 5% більше порівняно з полицевим обробітком ґрунту (контроль). За дискової і диференційованої системи обробітку ґрунту на мінеральному фоні удобрення сформовано врожайність зерна на рівні 2,3–2,4 т/га. Ці показники лише на 1–3% перевищують урожайність зерна сої на контрольному варіанті. За використання орґано-мінеральної системи живлення у середньому за чотири роки експерименту врожайність зерна сої становила 2,3–2,55 т/га. Найвищу урожайність зерна сої сформовано за дії орґано-мінеральної системи живлення і чизельного обробітку ґрунту. Це на 10,9% вище порівняно з полицевим обробітком ґрунту. Використання орґано-мінерального удобрення і диференційованого обробітку ґрунту підвищує врожайність зерна сої на 5,3% порівняно з контролем. Орґано-мінеральний фон удобрення переважав мінеральний на 1–4% за проведення усіх обробітків ґрунту, окрім полицевого. За застосування орґано-мінеральної системи і полицевого обробітку ґрунту спостерігали неістотне зниження врожайності зерна сої (3%) порівняно з мінеральним удобренням. Уміст вологи у цей період мав найбільший вплив на формування врожайності зерна сої, адже на варіантах із найвищим запасом вологи зафіксували найвищу



Мінеральна система удобрення



Органо-мінеральна система удобрення

Рис. 3. Урожайність зерна сої за дії обробітку ґрунту і удобрення, т/га

Примітка. 1–Полицевий обробіток ґрунту (контроль); 2–Плоскорізний обробіток ґрунту; 3–Чизельний обробіток ґрунту; 4–Дисковий обробіток ґрунту; 5– Диференційований обробіток ґрунту.

врожайність сої. У результаті кореляційного аналізу встановлена залежність урожайності зерна сої від запасів вологи у 0–40 см шарі ґрунту на стадії ВВСН 61-65 за використання мінерального удобрення і різних обробітків ґрунту (рис. 4).

Регресійна модель залежності показника (Y)–урожайності зерна сої від запасів вологи у 0–40 см шарі ґрунту на стадії ВВСН 61-65 за різних систем обробітку ґрунту на мінеральному фоні удобрення має вид (2):

$$Y = 67,77x - 131,4, \quad (2)$$

де Y–урожайність зерна сої, т/га; x–запаси вологи у 0–40 см шарі ґрунту, мм.

Отже можна констатувати, що між урожайністю зерна сої та запасами вологи у 0–40 см шарі у фазі цвітіння мінеральному фоні удобрення існує міцний зв'язок. Аналіз кореляційної залежності врожайності сої за роки досліджень від запасів вологи

в ґрунтовому шарі 0–40 см визначеної в фазі цвітіння за проведення різних обробітків ґрунту та мінерального живлення підтверджує, що між цими показниками існує позитивний кореляційний зв'язок середньої сили з $r = 0,66$ ($P \leq 0,05$). Рівень значущості не перевищив 5 %-й показник, що підтверджує статистичну достовірність.

Залежність урожайності зерна сої від запасів вологи у 0–40 см шарі ґрунту на стадії ВВСН 61-65 за різних систем обробітку ґрунту на органо-мінеральному фоні удобрення представлена на рис. 5.

Слід зазначити, що коефіцієнт кореляції між врожайністю сої та запасами вологи в ґрунтовому шарі 0–40 см за різних систем обробітку ґрунту та органо-мінерального удобрення дорівнює 0,36. Це свідчить про слабку позитивну кореляційну залежність між зазначеними показниками. Неістотну залежність між урожайністю і рівнем вологи в орному шарі за роками можна

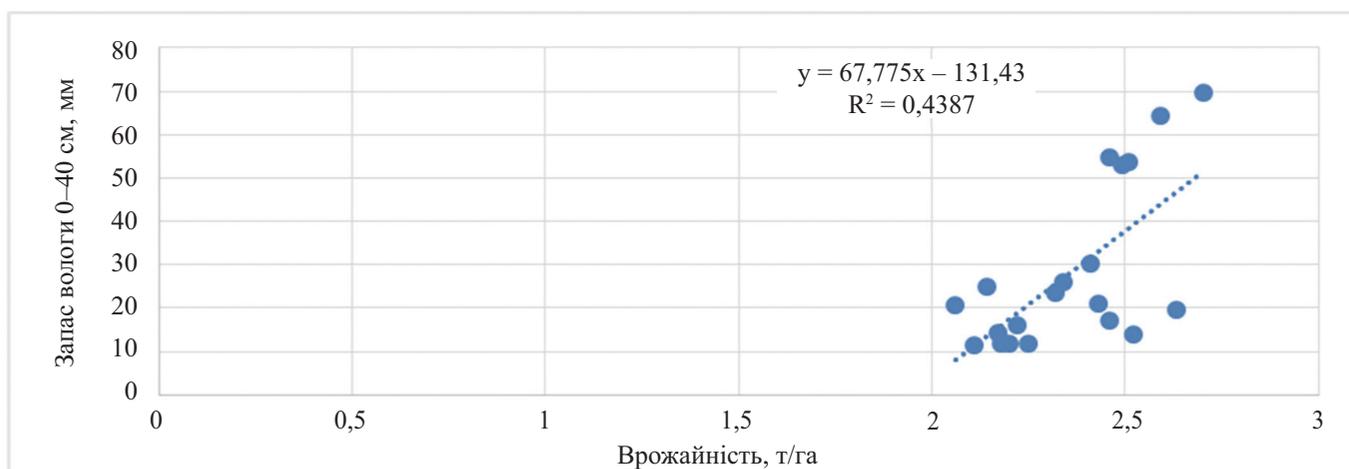


Рис. 4. Кореляційна залежність урожайності сої від запасів вологи у 0-40 см шарі ґрунту у фазі цвітіння на мінеральному фоні удобрення за різних систем обробітку ґрунту (2019–2022 рр.)

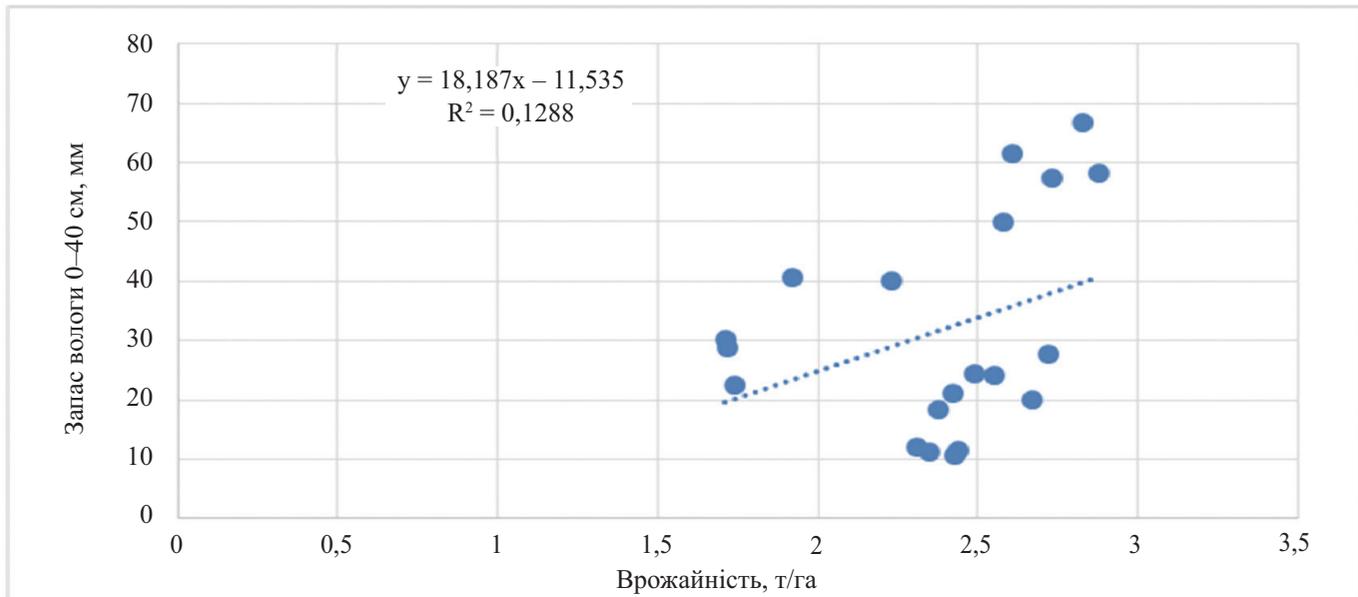


Рис. 5. Кореляційна залежність урожайності сої від запасів вологи в ґрунтовому шарі 0–40 см у фазі цвітіння за різних систем обробітку ґрунту та органічно-мінерального удобрення (2019–2022 рр.)

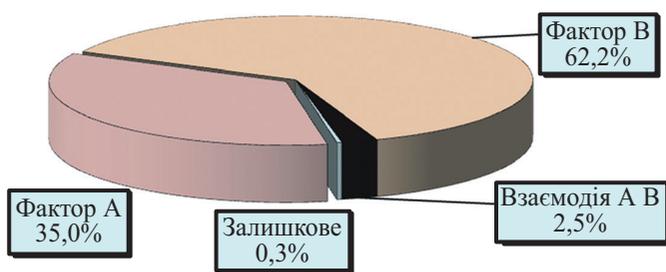


Рис. 6. Частка впливу досліджуваних факторів на врожайність сої за 2019–2022 рр., %
($НІР_{05}$ (фактор А) = 0,009 т/га,
 $НІР_{05}$ (фактор В) = 0,007 т/га)

пояснити нерівномірним розподілом опадів у період вегетації. Посушливі періоди під час формування зерна сої змінювалися дощовими, іноді зі зливами.

За дисперсійного аналізу впливу обробітків ґрунту та систем удобрення на урожайність зерна сої було визначено істотність та достовірність дії досліджуваних факторів (рис. 6).

На формування врожайності зерна сої домінуючий вплив мало удобрення (фактор В) із часткою впливу—62,2% ($P \leq 0,05$). Вплив системи обробітку ґрунту (фактор А) на формування врожайності зерна сої становив 35,0%, тобто майже половину. Отже, істотний вплив на врожайність сої з досліджуваних факторів має саме фактор А—удобрення. До того ж частка взаємодії факторів незначна і становила лише 2,5%. Розуміння цієї взаємодії є важливим для сталого виробництва сої та сприянні адаптації до зміни клімату. Використання новітніх технологій допоможуть вирішити нові виклики сучасного сільського господарства.

Висновки

Найвищий запас доступної вологи у 0–40 см шарі ґрунту спостерігали на фоні мінерального удобрення за проведення чизельного обробітку ґрунту (32,9 мм) і на фоні органічно-мінерального удобрення за чизельної (34,9 мм) і диференційованої (35,4) системи обробітку ґрунту. Уміст доступної вологи у 0–40 см шарі ґрунту під час цвітіння сої за використання органічно-мінеральної системи удобрення був вищим на 3–18 % порівняно з мінеральною системою удобрення залежно від обробітку ґрунту. Максимальний вплив на накопичення запасів продуктивної вологи у 0–40 см шарі ґрунту на стадії цвітіння сої виявили системи обробітку ґрунту (60,0%). Вплив удобрення на запаси продуктивної вологи сягав 24,2%

Найвищу врожайність сої (2,49 і 2,55 т/га) отримано за дії чизельного обробітку ґрунту на фонах мінерального і органічно-мінерального живлення, що на 5 і 12% більше порівняно з контролем. На органічно-мінеральному фоні удобрення врожайність сої за усіх безполіцевих обробітків ґрунту була вищою порівняно з мінеральним удобренням та контролем на 1–4%. Між урожайністю сої і запасами продуктивної вологи в ґрунтовому шарі 0–40 см у фазі цвітіння сої за різних систем обробітку ґрунту на мінеральному фоні удобрення існує середня пряма кореляційна залежність ($r = 0,66$). На органічно-мінеральному удобренні за різних систем обробітку ґрунту встановлено слабку позитивну кореляційну залежність ($r = 0,36$) між урожайністю зерна

сої і запасами вологи в ґрунтовому шарі 0–40 см. Системи обробітку ґрунту на формування врожайності зерна сої виявили вагомий вплив (35,0%). Максимальний вплив на врожайність зерна сої мала система удобрення – 62,5% ($P \leq 0,05$). Подальші

дослідження можуть бути зосереджені на оцінюванні довгострокових ефектів консерваційного обробітку ґрунту та комбінованих систем удобрення на його фізико-хімічні параметри ґрунтів в умовах зміни клімату.

ЛІТЕРАТУРА

- Korobko A., Kravets R., Mazur O., Mazur O., Shevchenko N. Nitrogen-fixing capacity of soybean varieties depending on seed inoculation and foliar fertilization with biopreparations. *Journal of Ecological Engineering*. 2024. Vol. 25(4). P. 23–37. doi: 10.12911/22998993/183497.
- Modgil R., Tanwar B., Goyal, A., Kumar V. Soybean (*Glycine max*). In B. Tanwar & A. Goyal (Eds), *Oilseeds: health attributes and food applications*. Springer, Singapore, 2021. P. 1–46. doi: 10.1007/978-981-15-4194-0_1.
- Li Q., Droma D., Sun X., Qiao Y., Hu Z., Zhang X. Effects of warming and drought on growth and development of soybean in Hailun region. *Open Life Sciences*. 2023. Vol. 18(1). P. 20220717. doi: 10.1515/biol-2022-0717.
- 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: 10.332491/2663-2144-2019-75-2-27-33.
- Кирилюк В.П., Тимошук Т.М., Котельницька Г.М. Вплив систем основного обробітку ґрунту та удобрення на продуктивність ячменю ярого. *Scientific Horizons*. 2019. №9 (82). С. 36–44. doi: 10.33249/2663-2144-2019-82-9-36-44.
- Xiao M., Ma Y., Wang C., Chen J., Zhu Y., Bartos P., Geng, G. Design and experiment of fuzzy-PID based tillage depth control system for a self-propelled electric tiller. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*. 2023. 16(4), P. 116–125. doi: 10.25165/j.ijabe.20231604.8116.
- Schneider F., Don A., Hennings I., Schmittmann O., Seidel, S.J. The effect of deep tillage on crop yield—What do we really know? *Soil Tillage Research*. 2017. 174, P. 193–204. doi: 10.1016/j.still.2017.07.005.
- Грицюк, Н.В., Плотницька Н.М., Тимошук Т.М., Довбиш Л.Л., Бондарева Л. М. Вплив обробітків ґрунту на забур'яненість посівів пшениці озимої в умовах Полісся України. *Scientific Horizons*. 2020. №5(90). С. 15–21. doi: 10.33249/2663-2144-2020-90-5-15-21.
- 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. 212. P. 105024. doi: 10.1016/j.still.2021.105024.
- 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: 10.1080/07352689.2020.1782069.
- Jiang F. et al. Soil wind erosion, nutrients, and crop yield response to conservation tillage in North China: A field study in a semi-arid and wind erosion region after 9 years, *Field Crops Research*. 2024. Vol. 316. P. 109508, doi: 10.1016/j.fcr.2024.109508.
- Peng Z., Wang L., Xie J., Li L., Coulter J.A., Zhang R., Luo Z., Kholova J., Choudhary S. Conservation tillage increases water use efficiency of spring wheat by optimizing water transfer in a Semi-Arid environment. *Agronomy*. 2019. Vol. 9. P. 583. doi: 10.3390/agronomy 9100583.
- Ren Z., Han X., Feng H., Wang L., Ma G., Li J., Lv J., Tian W., He X., Zhao Y., Wang C. Long-term conservation tillage improves soil stoichiometry balance and crop productivity based on a 17-year experiment in a semi-arid area of northern China. *Science of The Total Environment*. 2024. Vol. 908, P. 168283, doi: 10.1016/j.scitotenv.2023.168283.
- Šarauskius E., Sokas S., Rukaitė J. Variable depth tillage: importance, applicability, and impact—an overview. *AgriEngineering*. 2024. Vol. 6. P. 1870–1885. doi: 10.3390/agriengineering6020109.
- 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*, Vol.1. Springer, Cham, 2023. P. 1042. doi: 10.1007/978-3-031-37424-1_15.
- 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: 10.33245/2310-9270-2021-167-2-176-182.

17. Maticic M., Dugan I., Bogunovic I. Challenges in Sustainable Agriculture—The Role of Organic Amendments. *Agriculture*. 2024. Vol. 14(4), P. 643. doi: 10.3390/agriculture14040643.
18. 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: 10.1016/j.jenvman.2024.121487.
19. 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: 10.3390/su16219297.
20. Димитров С.Г., Саблук В.Т. Збільшення запасів продуктивної вологи у ґрунті залежно від мікоризації кореневої системи рослин сільськогосподарських культур мікоризоутворюючими грибами. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*. 2022. Vol. 1(36). P. 8–13. doi: 10.37406/2706-9052-2022-11.

REFERENCES

1. Korobko A., Kravets R., Mazur O., Mazur O., Shevchenko N. (2024). Nitrogen-fixing capacity of soybean varieties depending on seed inoculation and foliar fertilization with biopreparations. *Journal of Ecological Engineering*, 25(4), 23–37. doi: 10.12911/22998993/183497 [in English].
2. Modgil R., Tanwar B., oyal, A., Kumar V. (2021). Soybean (*Glycine max*). In B. Tanwar & A. Goyal (Eds.). *Oilseeds: health attributes and food applications* (pp. 1–46). Springer, Singapore. doi: 10.1007/978-981-15-4194-0_1 [in English].
3. Li Q., Droma D., Sun X., Qiao Y., Hu Z., Zhang X. (2023). Effects of warming and drought on growth and development of soybean in Hailun region. *Open Life Sciences*, 18(1), 20220717. doi: 10.1515/biol-2022-0717 [in English].
4. Kyrylyuk V., Tymoshchuk T., Kalchuk, M. (2019). Yielding of white mustard depending on the system of basic soil cultivation as well as fertilization [Urozhainist hirchytisi biloi zalezno vid system osnovnoho obrobittku hruntu ta udobrennia]. *Scientific Horizons*, 2(75), 27–33. doi: 10.33249/2663-2144-2019-75-2-27-33 [in Ukrainian].
5. Kyrylyuk V., Tymoshchuk T., Kotelnytska G. (2019). Yield and quality of barley grain according to the systems of basic tillage and fertilization [Vplyv system osnovnoho obrobittku hruntu ta udobrennia na produktyvnist yachmeniu yaroho]. *Scientific Horizons*, 9(82), 36–44. doi: 10.33249/2663-2144-2019-82-9-36-44 [in Ukrainian].
6. Xiao M., Ma Y., Wang C., Chen J., Zhu Y., Bartos P., Geng, G. (2023). Design and experiment of fuzzy-PID based tillage depth control system for a self-propelled electric tiller. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 16(4), 116–125. doi: 10.25165/j.ijabe.20231604.8116 [in English].
7. Schneider F., Don A., Hennings I., Schmittmann O., Seidel, S.J. (2017). The effect of deep tillage on crop yield—What do we really know? *Soil Tillage Research*. 174, 193–204. doi: 10.1016/j.still.2017.07.005 [in English].
8. Hrytsiuk N., Plotnytska N., Tymoshchuk T., Dovybysh L., Bondareva, L. (2020). Influence of the tillage on weediness of winter wheat crops in conditions of Ukrainian Polissia [Vplyv obrobittku hruntu na zaburianenist posiviv pshenytsi ozymoi v umovakh Polissia Ukrainy]. *Scientific Horizons*, 5(90), 1521. doi: 10.33249/2663-2144-2020-90-5-15-21 [in Ukrainian].
9. 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: 10.1016/j.still.2021.105024 [in English].
10. 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: 10.1080/07352689.2020.1782069 [in English].
11. Jiang F. et al. (2024). Soil wind erosion, nutrients, and crop yield response to conservation tillage in North China: A field study in a semi-arid and wind erosion region after 9 years, *Field Crops Research*, 316, 109508. doi: 10.1016/j.fcr.2024.109508 [in English].
12. Peng Z., Wang L., Xie J., Li L., Coulter J.A., Zhang R., Luo Z., Kholova J., Choudhary S. (2019). Conservation tillage increases water use efficiency of spring wheat by optimizing water transfer in a Semi-Arid environment. *Agronomy*, 9, 583. doi: 10.3390/agronomy9100583 [in English].

13. Ren Z., Han X., Feng H., Wang L., Ma G., Li J., Lv J., Tian W., He X., Zhao Y., Wang C. (2024). Long-term conservation tillage improves soil stoichiometry balance and crop productivity based on a 17-year experiment in a semi-arid area of northern China. *Science of The Total Environment*, 908, 168283. doi: 10.1016/j.scitotenv.2023.168283 [in English].
14. Šarauskius E., Sokas S., Rukaitė J. (2024). Variable depth tillage: importance, applicability, and impact—an overview. *AgriEngineering*, 6, 1870–1885. doi: 10.3390/agriengineering6020109 [in English].
15. 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. Springer, Cham. doi: 10.1007/978-3-031-37424-1_15 [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 [Vplyv system obrobittu gruntu ta udobrennia na zapasy produktyvnoi volohy pid ahrofitotsenozamy u sivozmini]. *Agrobiology*, 2, 176–182. doi: 10.33245/2310-9270-2021-167-2-176-182 [in Ukrainian].
17. Maticic M., Dugan, I., Bogunovic, I. (2024). Challenges in Sustainable Agriculture—The Role of Organic Amendments. *Agriculture*, 14, 643. doi: 10.3390/agriculture14040643 [in English].
18. 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: 10.1016/j.jenvman.2024.121487 [in English].
19. 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: 10.3390/su16219297 [in English].
20. Dymytrov S.H., Sabluk V.T. (2022). Increasing productive moisture content in the soil due to mycorrhization of the root system of crops by mycorrhizal fungi [Zbilshennia zapasiv produktyvnoi volohy u grunti zalezno vid mikoryzatsii korenevoi systemy roslyn silskohospodarskykh kultur mikoryzotvoriuiuchymy hrybamy]. *Podilian Bulletin: agriculture, engineering, economics*, 1(36), 8–13. doi: 10.37406/2706-9052-2022-11 [in Ukrainian].

Kyryliuk V.P., Tymoshchuk T.M., Kolesnikov M.O., Moisiienko V.V., Plotnytska N.M.

Optimization of water regime of soybean crops depending on tillage and fertilization systems for sustainable agricultural production

Aim. To determine the dependence of soil moisture accumulation and soybean grain yield on tillage and fertilizer system in chernozem podzolized medium loamy soil. **Methods.** The field research was conducted in a 4-field crop rotation during 2019-2022 on chernozem podzolized medium loamy soil. The research methods used were field, laboratory, statistical and comparative-calculated. **Results.** The available moisture reserves in the 0-40 cm soil layer at the BBCH stage of 61-65 soybean under the influence of fertilization and tillage systems of different soils are presented. The peculiarities of soybean productivity formation under the influence of shelf and conservation tillage on mineral and organic-mineral fertilizers are established. **Conclusions.** The maximum amount of available moisture in the 0-40 cm soil layer was found against the background of organic-mineral fertilizer under chisel (34.9 mm) and differentiated (35.4) tillage systems. The highest soybean productivity (2.49 and 2.55 t/ha) was recorded under conditions of mineral and organic-mineral fertilization in combination with chisel tillage. In the flowering phase, an average correlation between grain yield and available moisture reserves in the soil layer 0-40 cm was found under mineral fertilizer ($r = 0.66$) and a weak one under organic-mineral fertilizer ($r = 0.36$). The most significant influence on the formation of soybean grain yield was the fertilizer system, the share of which was 62.5% ($P \leq 0.05$). The results of this study can significantly deepen the understanding of sustainable soil resource management and strengthen the adaptation of agriculture to climate challenges.

Key words: productive moisture reserves, yield, organo-mineral nutrition, mineral nutrition, conservation tillage, interaction of factors, variance analysis.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Кирилюк В.П., кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, Хмельницька дер-

жавна сільськогосподарська дослідна станція Інституту кормів та сільського господарства Поділля НААН,

e-mail: viktor.kiriluk.00@gmail.com, ORCID: 0000-0001-5771-8142.

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

Колесніков М.О., кандидат сільськогосподарських наук, доцент, завідувач кафедри рослинництва та садівництва імені В.В. Калитки, Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного,

Курчилюк В.Р., 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.

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

Kolesnikov M.O., Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, The Head of the Department of Crop Production and Horticulture named after Professor V. Kalytka, Dmytro

e-mail: maksym.kolesnikov@tsatu.edu.ua, ORCID: 0000-0002-5254-841X.

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

Плотницька Н.М., кандидат сільськогосподарських наук, доцент, доцент кафедри здоров'я фітоценозів і трофології, Поліський національний університет, e-mail: plotnat@ukr.net, ORCID: 0000-0001-7758-1307.

Motornyi Tavria State Agrotechnological University, e-mail: maksym.kolesnikov@tsatu.edu.ua, ORCID: 0000-0002-5254-841X.

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

Plotnytska N.M., Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, The Head of Department of Health of Phytocenoses and Trophology, Faculty of Agronomy, Polissia National University, e-mail: plotnat@ukr.net, ORCID: 0000-0001-7758-1307.

Надійшла 11.01.2025

МЕТОДИ СТВОРЕННЯ ТА ШЛЯХИ ВИКОРИСТАННЯ ЛІНІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ БАГАТОРОСТКОВИХ БУРЯКІВ КОРМОВИХ У СЕЛЕКЦІЇ НА ГЕТЕРОЗИС

С.Г. Труш, Л.О. Баланюк, О.О. Парфенюк, В.М. Татарчук

Дослідна станція тютюництва ННЦ «ІЗ НААН» (м. Умань, Україна)

Мета. Оцінка ефективності різних методів отримання лінійних матеріалів багаторосткових буряків кормових, вивчення їх продуктивного і гібридизаційного потенціалу, створення високопродуктивних одностросткових гібридів на стерильній основі. **Методи.** Польовий (закладання дослідів, фенологічні спостереження і обліки), лабораторний (визначення вмісту сухої речовини), вимірально-ваговий (визначення структури врожаю), статистичний (математична обробка отриманих результатів досліджень). **Результати.** Установлено високу ефективність багаторазового індивідуально-родинного добору і помірних форм інбридингу в формуванні комбінаційноздатних лінійних матеріалів багаторосткових запилювачів буряків кормових. За врожайністю коренеплодів вони перевищують стандарт на 1,4%–3,7%, вмістом сухої речовини на 1,1–1,4% і збором сухої речовини на 2,4–5,1%. **Кращі одностросткові гібриди буряків кормових, створені за їх участі, забезпечують збір сухої речовини 11,8–12,3 т/га.** **Висновки.** Багаторазовий індивідуально-родинний добір та помірні форми інбридингу є досить ефективними методами створення лінійних матеріалів багаторосткових буряків кормових різної генетичної структури. **Обов'язковою передумовою добору компонентів схрещування є оцінка їх гібридизаційного потенціалу та рівня базової продуктивності. За відповідних критеріїв формування батьківських пар кращі одностросткові гібриди буряків кормових на стерильній основі забезпечують гарантований приріст збору сухої речовини в 5–10%.**

Ключові слова: селекційний матеріал, багаторазовий індивідуально-родинний добір, інбридинг, гібрид, продуктивність.

Вступ. Інтенсифікація розвитку сільського господарства ставить вимоги не тільки збільшення площі посіву буряків кормових, а й розроблення адаптивних технологій їх вирощування, створення та впровадження нових високопродуктивних гібридів у виробництво [1; 2].

Буряки кормові є одним із головних джерел соковитих кормів для сільськогосподарських тварин. Висока врожайність, цінні дієтичні та молокогінні властивості визначили широке їх поширення в приватному і колективному тваринництві [3]. Нині у виробничих посівах переважають багаторосткові сорти буряків кормових, вирощування яких неможливо без затрат ручної праці [4; 5]. Тому, питання створення одностросткових гібридів буряків кормових на стерильній основі з генетично обумовленими високою врожайністю коренеплодів, підвищенням вмістом сухої речовини,

вуглеводів і мінеральних солей, стійкістю до негативного впливу біотичних і абіотичних чинників доквілля є досить актуальним.

Мета досліджень. Метою роботи була оцінка ефективності різних методів отримання лінійних матеріалів багаторосткових буряків кормових, вивчення їх продуктивного і гібридизаційного потенціалу, створення високопродуктивних одностросткових гібридів на стерильній основі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Комплексні програми з селекції буряків кормових на гетерозис включають різні методи і схеми, які постійно ускладнюються змінюючи напрями та цілі наукових досліджень. Однак, базовими є використання різних схем і методів добору для виділення цінних генотипів, різних форм інбридингу для створення гомозиготних ліній, системи контрольованих схрещувань

для оцінки компонентів гібридизації та ідентифікації кращих генотипів, а також оптимальних схем гібридизації, відтворення та впровадження кінцевих (комерційних) гібридів на ринок [6; 7]. Тобто, у нових селекційних програмах із метою введення в генотип комплексу ознак, найбільш придатним і сучасним буде метод асоціативного добору, який ґрунтується на розумінні генотипу як цілісної інтегрованої системи. Це сприятиме підвищенню інтенсивності та результативності селекційного процесу, розширенню та збагаченню вітчизняного генофонду вихідного матеріалу та покращанню генетичного потенціалу нових гібридів буряків кормових, отриманих за його участі [8; 9].

Відповідний напрям досліджень вимагає створення, оцінки та добору компонентів схрещування на лінійному рівні, що є запорукою стабільного відтворення гібридних комбінацій за продуктивними властивостями і збереження однорідності за біоморфологічними ознаками. Водночас це є досить складним науковим завданням, яке пов'язано з вивченням закономірностей успадкування найбільш важливих полігенних ознак, їх кореляції між собою та характеру мінливості [10; 11].

Нині перед селекціонерами поставлено завдання створити якісно нові, більш продуктивні, адаптовані до умов довкілля гібриди одноросткових буряків кормових на стерильній основі з урожайністю коренеплодів 100–110 т/га і вмістом сухої речовини 13–14%. Вирішення цього завдання неможливе без постійного збагачення генофонду культури та розширення меж її генетичної мінливості [12; 13]. Тому, одним із головних завдань практичної селекції буряків кормових є поповнення колекції вихідного матеріалу та формування банку генів практично-значимих кількісних і якісних селекційно-генетичних ознак.

Буряки кормові є перехреснозапилюючою культурою і для створення ліній необхідна ізоляція рослин та їх примусове самозапилення, що є досить складним процесом. Однак, у популяціях буряків кормових завжди є частка рослин (2,5–18,1%), здатних до самозапилення. Ці рослини можуть зав'язувати насіння різної кількості та якості [14]. Однак, у більшості випадків його є недостатньо для подальшої селекційної роботи. Тому, для збереження цінних генотипів, їх ефективного розмноження та оцінки використовують помірну форму інбридингу – сестринські схрещування та багаторазовий індивідуально-родинний добір. За використання методу багаторазового

індивідуально-родинного добору створюється вузькородинний матеріал типу ліній із невисоким коефіцієнтом інбридингу, проте з високим ступенем морфологічної однорідності. Використання сибсових схрещувань сприяє більш швидкій гомозиготизації селекційного матеріалу без значної депресії прояву головних господарсько-цінних ознак та отриманню достатньої кількості насіння для подальшого селекційного процесу [15; 16].

Розроблення нових методів створення батьківських компонентів одноросткових гібридів буряків кормових на стерильній основі (лінії О-типу та їх аналоги з ЦЧС, багаторосткові запилювачі) дає можливість знизити дію шкідливих рецесивних генів і збільшити кількість цінних домінуючих алелів у генотипі [4; 17]. Зокрема, використання в селекційному процесі нових форм комбінаційно-цінних багаторосткових запилювачів різної генетичної структури дає можливість використовувати комбінативні варіювання, накопичувати бажані гени ознак, які необхідно поліпшувати, розширюючи генетичну основу рослин, зменшувати негативну кореляцію між врожайністю коренеплодів та вмістом сухої речовини і т. п. Це дає можливість отримати цінні батьківські компоненти для селекції нових одноросткових гібридів буряків кормових на стерильній основі [10; 18].

Матеріали та методика досліджень. Дослідження зі створення і вивчення лінійних матеріалів буряків кормових проводилися на Дослідній станції тютюництва ННЦ «ІЗ НААН» впродовж 2013–2023 рр. (Черкаська обл., м. Умань). Вихідним матеріалом слугували сім багаторосткових популяцій буряків кормових різного генетичного походження з білим забарвленням шкірки коренеплоду. Створення лінійних матеріалів буряків кормових здійснено з використанням різних форм інбридингу та багаторазового індивідуально-родинного добору. У роботі використано парні ізолятори та просторово ізолювані ділянки гібридизації. Сортовипробування селекційних зразків виконано за методикою, розробленою науковцями ІБК і ЦБ НААН [19]. Повторність досліду триразова, площа облікової ділянки 10,8 м². Розміщення ділянок – рендомізоване. За стандарт використано багаторостковий сорт буряків кормових Славія. Статистичну обробку отриманих даних проведено методом дисперсійного аналізу за методикою Єщенка В.О. [20].

Результати та їх обговорення. За результатами проведених досліджень створено лінійні матеріали

Таблиця 1. Середній рівень продуктивності лінійних матеріалів багаторосткових буряків кормових стосовно вихідних популяцій, 2021–2023 рр.

Племінне позначення вихідної популяції	Вивчено номерів, шт.	Метод отримання	Від вихідної популяції, %		
			урожайність коренеплодів	вміст сухої речовини	збір сухої речовини
КБ-216/7	17	Багаторазовий індивідуально-родинний добір	104,2	100,8	104,9
КБ-222/17	15		102,1	101,4	102,5
КБ-231/19	12		104,7	100,2	104,9
КБ-239/12	14		105,1	100,0	105,0
КБ-256/5	16		103,8	101,0	104,8
КБ-260/32	16		105,4	100,7	106,0
КБ-569/14	14		105,0	100,8	105,8
\bar{x}			104,3	100,7	104,9
КБ-216/7	11	Помірний інбридинг	100,4	100,0	100,4
КБ-222/17	14		95,8	100,8	96,5
КБ-231/19	16		96,6	100,3	96,9
КБ-239/12	13		94,9	101,0	95,9
КБ-256/5	15		101,0	100,1	101,1
КБ-260/32	14		98,1	100,4	98,5
КБ-569/14	12		100,3	100,3	100,6
\bar{x}			98,1	100,4	98,6
КБ-216/7	11	Суворий інбридинг	91,4	99,5	89,9
КБ-222/17	14		86,9	100,1	87,0
КБ-231/19	16		85,7	100,1	85,8
КБ-239/12	13		83,5	100,3	83,8
КБ-256/5	15		92,8	99,8	92,5
КБ-260/32	14		89,2	100,1	89,3
КБ-569/14	12		91,7	99,9	91,6
\bar{x}			88,7	100,0	88,6

багаторосткових буряків кормових різного рівня гомозиготності, які було вивчено за проявом найбільш важливих селекційно-генетичних і господарсько-цінних ознак (табл. 1).

Результати досліджень свідчать, що в селекційних матеріалів багаторосткових буряків кормових створених методом багаторазового індивідуально-родинного добору не спостерігалось зниження врожайності коренеплодів, а навпаки, за рахунок безперервних поліпшуючих доборів відбувалося навіть незначне підвищення прояву цієї ознаки. Вміст сухої речовини в коренеплодах цих матеріалів був на рівні вихідних популяцій. У лінійних матеріалах, отриманих методом суворого інбридингу, спостерігалось зниження врожайності коренеплодів у середньому на 11,3% від вихідних популяцій. Значно менша депресія за

цією ознакою була у матеріалів, отриманих за допомогою послаблених форм інбридингу (1,9%). Вміст сухої речовини у коренеплодах лінійних матеріалів різного рівня гомозиготності істотно не змінювався. За збором сухої речовини в даних селекційних матеріалах була така сама тенденція як із врожайністю коренеплодів.

Розглядаючи питання межі рівня інцухт-депресії за показниками, що пов'язані з репродуктивною сферою, можна констатувати, що зі збільшенням глибини інбридингу кількість нежиттєздатних (стерильних, із низькою схожістю й пилковою продуктивністю) форм зростає, що знижує сумарну цінність багаторосткових запилювачів (табл. 2).

У рослин багаторосткових запилювачів, створених за використання методів багаторазового індиві-

Таблиця 2. Характеристика пилку і насіння рослин багаторосткових запилювачів буряків кормових різного рівня гомозиготності, 2021–2023 рр.

Метод створення селекційного матеріалу	Кількість вивчених рослин, шт.	Кількість проаналізованих пилкових зерен, шт.	З них:					Схожість, %
			репродуктивна здатність пилку		якість пилку			
			фертильних	стерильних	життєздатних	маложиттєздатних	нежиттєздатних	
Багаторазовий індивідуально-родинний добір	192	48192	97,0	3,0	94,1	2,8	3,1	97,6
Помірний інбридинг (сибсові схрещування)	217	42098	92,8	7,4	84,1	8,6	7,3	91,7
Суворий інбридинг (самозапилення)	189	43849	52,6	47,4	44,7	7,4	47,9	53,9

дуально-родинного добору та помірного інбридингу рівень фертильності пилку становив 97,0%, і 92,8%, відповідно. Водночас, цей самий показник у селекційних матеріалах високого рівня гомозиготності сягав лише 52,6%, що істотно знизило їх репродуктивну здатність. Також, низька схожість їх насіння (53,9%) створює значні труднощі в подальшому використанні цих матеріалів у селекційному процесі та насінництві.

Необхідно зазначити, що інбредна депресія шкідливо діяла і на інші селекційні ознаки. У лінійних матеріалах багаторосткових буряків кормових, отриманих методом суворого інбридингу, спостерігається висока однорідність за багатьма морфологічними ознаками. Однак, габітус рослин і сумарна площа листової поверхні різко знижувалася. Це, очевидно, і зумовлює інцухт-депресію за врожайністю коренеплодів.

У порівняльному сортовипробуванні 2021–2023 рр. вивчено продуктивність 114 експериментальних

гібридів буряків кормових на стерильній основі та встановлено гібридизаційний потенціал 101 багаторосткового запилювача різного рівня гомозиготності (табл. 3).

Аналіз результатів досліджень свідчить, що вищим рівнем продуктивності характеризувались експериментальні гібриди буряків кормових на стерильній основі, отримані на базі багаторосткових запилювачів, створених із використанням помірних форм інбридингу та багаторазового індивідуально-родинного добору. Перевищення стандарту за врожайністю коренеплодів становило 1,4–3,7%, вмістом сухої речовини 1,1–1,4% і збором сухої речовини 2,4–5,1%.

Експериментальні гібриди, одержані на базі багаторосткових запилювачів глибокого рівня гомозиготності за врожайністю коренеплодів і збором сухої речовини поступалися стандарту на 2,9% і 1,4% відповідно. Враховуючи те, що для добору коренеплодів «педігри» вихідні популяції буряків кормових за всіма напрямками створення лінійних матеріалів багаторосткових

Таблиця 3. Гібридизаційний потенціал багаторосткових запилювачів буряків кормових різного рівня гомозиготності, 2021–2023 рр.

Метод створення	Кількість запилювачів, шт.	Кількість експериментальних гібридів, шт.	Показники до стандарту, %		
			урожайність коренеплодів	вміст сухої речовини	збір сухої речовини
Багаторазовий індивідуально-родинний добір	35	39	101,4	101,1	102,4
Помірний інбридинг (сибсові схрещування)	37	42	103,7	101,4	105,1
Суворий інбридинг (самозапилення)	29	33	97,1	101,5	98,6

Таблиця 4. Продуктивність краших одностовкових гібридів буряків кормових на стерильній основі у сортовипробуванні 2021–2023 рр.

Селекційний номер	Урожайність коренеплодів, т/га	Вміст сухої речовини, %	Збір сухої речовини, т/га	В% до стандарту		
				урожайність коренеплодів	вміст сухої речовини	збір сухої речовини
КБО 41/29 БД	78,1	15,1	11,79	100,0	105,6	105,8
КБО 37/61 БД	82,6	14,9	12,31	105,9	104,2	110,4
КБО 78/24 БД	81,1	14,8	12,00	104,0	103,5	107,6
КБО 93/12 БД	79,0	15,1	11,93	101,3	105,6	107,0
КБО 46/22 ПІ	81,5	15,0	12,23	104,5	104,9	109,7
КБО 55/27 ПІ	77,2	15,3	11,81	99,0	107,0	106,0
КБО 67/39 ПІ	82,0	14,8	12,14	105,1	103,5	108,9
КБО 75/11 ПІ	82,4	14,9	12,28	105,6	104,8	110,1
КБО 81/94 ПІ	80,4	15,0	12,06	103,1	104,9	108,2
КБО 77/32 СІ	79,0	15,1	11,93	101,3	105,6	107,0
КБО 79/52 СІ	77,4	15,2	11,76	99,2	106,3	105,5
\bar{x}	80,1	15,0	12,0	102,6	105,1	107,8
НІР ₀₅	3,2	0,52	0,48	–	–	–
St Славія	78,0	14,3	11,15	–	–	–

Примітки. БД – багаторазовий індивідуально-родинний добір; ПІ – помірний інбридинг; СІ – суворий інбридинг.

запилювачів були однакові, а комбінаційна здатність є спадковою ознакою, можна констатувати про вагомий вплив базової продуктивності батьківських компонентів на продуктивний потенціал гібридів на стерильній основі. Особливо важливо це за врожайністю коренеплодів, де спостерігається найбільший прояв інбредної депресії. За вмістом сухої речовини в коренеплодах, ознакою, що контролюється меншою кількістю генів, не відбувалося значної депресії в міру зростання гомозиготності селекційних матеріалів.

За результатами досліджень 2021–2023 рр. виділено 11 високопродуктивних гібридів буряків кормових на стерильній основі (табл. 4).

Більшість гібридів за врожайністю коренеплодів знаходилися на рівні стандарту, а гібриди КБО 46/22 ПІ, КБО 67/39 ПІ, КБО 75/11 ПІ, КБО 37/61 БД переважали його на 4,5–5,9%. За вмістом і збором сухої речовини всі гібриди істотно переважали стандарт на 3,7–7,0% і 5,5–10,4%, відповідно. Більшість із них сформовано на основі багаторосткових запилювачів, отриманих із використанням помірних форм інбридингу та багаторазового індивідуально-родинного добору.

Однак, нині ще не вирішеним залишається питання межі рівня інбридингу. Одні селекціонери пропонують використовувати лінії більш глибоких поколінь інбридингу, які є практично повністю

гомозиготними за ознаками, що контролюються полігенно, а інші схиляються до думки, що самозапилення слід проводити не більш двох–трьох разів, або застосовувати помірні його форми.

На наш погляд, ступінь інбредності компонентів схрещування визначає кінцева продуктивність гібридів, тобто той факт, чи зможе за гібридизації компенсаційний комплекс генів забезпечити практично повне погашення дії шкідливих чинників у генотипі. Допустимий рівень зниження прояву ознак, як свідчать проведені дослідження, обмежується переважно двома–трьома поколіннями інбридингу. Тому селекційну перевагу, з точки зору практичного використання, очевидно, матимуть лінії неглибокого рівня гомозиготності.

Висновки

Багаторазовий індивідуально-родинний добір та помірні форми інбридингу є досить ефективними методами створення лінійних матеріалів багаторосткових буряків кормових різної генетичної структури. Обов'язковою передумовою добору компонентів схрещування є оцінка їх гібридизаційного потенціалу та рівня базової продуктивності. За відповідних критеріїв формування батьківських пар краші одностовкові гібриди буряків кормових на стерильній основі забезпечують гарантований приріст збору сухої речовини в 5–10%.

ЛІТЕРАТУРА

1. Зубенко В.Ф., Роїк М.В., Іващенко О.О., Гізбулін Н. Г. та ін. Буряківництво. *Проблеми інтенсифікації та ресурсозбереження* / за ред. В. Ф. Зубенка. Київ: НВП ТОВ «Альфа-стевія ЛТД», 2007. 486 с.
2. Adhikari P., Araya H., Aruna G. System of crop intensification for more productive, resource-conserving, climate-resilient, and sustainable agriculture: experience with diverse crops in varying agroecologies. *International journal of agricultural sustainability*. 2018, Vol. 16, Iss. 1, P. 1–28. doi: 10.1080/14735903.2017.1402504.
3. Шевцов І.А., Чугункова Т.В. Буряки цукрові, кормові, столові. Київ: Логос, 2001. 128 с.
4. Слівченко А.М., Яценко О.А., Моргун А.В., Слівченко О.А., Жученко О.І., Собченко Л.К. Селекція одонасінних кормових буряків. *Збірник наукових праць ІЦБ УААН*. 2005. Вип. 8. С. 244–249.
5. Зінченко О.І., Салатенко В.Н., Білоножко М.А. Рослинництво. За ред. О. І. Зінченка. Київ: Аграрна освіта, 2001. 591 с.
6. Роїк М.В. Буряки. Київ: ХХІ, 2001. 320 с.
7. Рибак Д.А., Фомічова А.М., Ярош Ю.М. Селекція і насінництво кормового буряка в Україні. *Вісник аграрної науки*. 1998. № 8. С. 39–43.
8. Молоцький М.Я., Васильківський С.П., Князюк В.І., Власенко В.А. Селекція і насінництво сільськогосподарських рослин. Київ: Вища освіта, 2006. 463 с.
9. Frese L., Desprez V., Ziegler D. Potential of genetic resources and breeding strategies for base-broadening in Beta. *Broadening the genetic base of crop production* / H.D Cooper, C. Spillane, T. Hodgkin. (Eds.). Wallingford, UK: Cabi Publishing, 2001. P. 295–309. DOI: 10.1079/9780851994116.0295.
10. Роїк М.В., Орлов С.Д., Джігіріс Л.А., Шараєнко О.М. Нові методи створення компонентів гібридів кормових буряків на ЧС основі. *Збірник наукових праць ІЦБ УААН*. 2005. Вип. 8. С. 238–243.
11. Поліщук Т.В., Баланюк Л.О., Татарчук В.М. Методи створення та шляхи використання лінійних матеріалів одноросткових кормових буряків у селекції на гетерозис. *Збірник наукових праць Уманського НУС*. 2014. Вип.86. С. 67–72.
12. Дубчак О.В. Створення експериментальних гібридів кормових буряків на стерильній основі та оцінка їх продуктивності. *Збірник наукових праць БНАУ*. 2010. Вип. 3 (74). С. 43–46.
13. Корниєнко А.В., Моргун А.В., Труш С.Г. Селекція свеклы на гетерозис (*Beta vulgaris* L.). Воронеж, 2007. 255 с.
14. Орлов С.Д. Вихідні матеріали кормових буряків різного рівня геному, їх використання у селекції на гетерозис. *Збірник наукових праць Інституту цукрових буряків УААН*. 2008. Вип. 10. С. 118–122. 11.
15. Бугайов В.Д., Васильківський С.П., Власенко В.А. Спеціальна селекція польових культур/ за ред. М.Я. Молоцького. Біла Церква, 2010. 368 с.
16. Labroo M. R., Studer A. J., Rutkoski J. E. Heterosis and Hybrid Crop Breeding: A Multidisciplinary Review. *Front. Genet*. 2021. Vol. 12. 643761. DOI: 10.3389/fgene.2021.643761.
17. Дубчак О.В., Орлов С.Д. Рекомбінунанція господарсько-цінних ознак у кормових буряків. *Цукрові буряки*. 2015. Вип. 5 (107). С. 4–7.
18. Орлов С.Д., Костогриз Л.А., Бровко С.М., Мілієнко М.В. Комбінаційна здатність у селекції кормових буряків. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2012. Вип. 15. С. 264–267.
19. Роїк М.В., Гізбулін Н.Г., Сінченко В.М., Присяжнюк О.І. та ін. Методики проведення досліджень у буряківництві / за ред. М.В. Роїка та Н.Г. Гізбуліна. Київ: ФОП Корзун Д. Ю., 2014. С. 24–345.
20. Єщенко В.О., Копитко П.Г., Опришко В.П., Костогриз П.В. Основи наукових досліджень у агрономії. Київ: Дія, 2005. 288 с.

REFERENCES

1. Zubenko V.F., Roik M.V., Ivashchenko O. O., Gizbulin N.G. (2007). Buriakivnytstvo. Problemy intensyfikatsii ta resursozberzhennia [Beet growing. Problems of intensification and resource conservation]. V. F. Zubenko (Ed.). Kyiv: Alfa-stevia LTD. 486 p. [in Ukrainian].
2. Adhikari P., Araya H., Aruna G. (2018). System of crop intensification for more productive, resource-conserving, climate-resilient, and sustainable agriculture: experience with diverse crops in varying agroecologies. *International journal of agricultural sustainability*, 16 (1), 1–28. doi:10.1080/14735903.2017.1402504 [in English].
3. Shevtsov I.A., Chugunkova T.V. (2001). Buriaky tsukrovi, kormovi, stolovi [Sugar, fodder and table beets]. Kyiv: Logos. 128 p. [in Ukrainian].

4. Slivchenko A.M., Yatsenko O.A., Morhun A.V., Slivchenko O.A., Zhuchenko O.I., Sobchenko L.K. (2005). Seleksiia odnonasinnykh kormovykh buriakiv [Selection of one-seed fodder beets]. *Zbirnyk naukovykh prats Instytutu tsukrovyykh buriakiv UAAN – Collection of scientific works of the Institute of Sugar Beets of UAAS*, 8, 244–249 [in Ukrainian].
5. Zinchenko O.I., Salatenko V.N., Bilonozhko M.A. (2001). *Roslynnytstvo* [Plant growing] (ed. O.I. Zinchenko). Kyiv: Vyshcha osvita. 591 p. [in Ukrainian].
6. Roik M.V. (2001). Буряки [Beets]. Kyiv: XXI. 320 p. [in Ukrainian].
7. Rybak D.A., Fomichova A.M., Yarosh Yu.M. (1998). Seleksiia i nasynnytstvo kormovoho buriaka v Ukraini. [Fodder beet selection and seed production in Ukraine]. *Visnyk ahrarnoyi nauky – Bulletin of Agricultural Science*, 8, 39–43 [in Ukrainian].
8. Molotskyi M.Ya., Vasylykivskyi S.P., Knyaziuk V.I., Vlasenko V.A. (2006). Seleksiia i nasynnytstvo silskohospodarskykh roslyn [Breeding and seed production of agricultural plants]. Kyiv: Vyshcha osvita. 463 p. [in Ukrainian].
9. Frese L., Desprez B., Ziegler D. (2001). Potential of genetic resources and breeding strategies for base-broadening in Beta. In H.D. Cooper., C. Spillane, T. Hodgkin (Eds.). *Broadening the genetic base of crop production*. UK: Wallingford. P. 295–309. DOI:10.1079/9780851994116.0295 [in English].
10. Roik M.V., Orlov S.D., Dzhihiris L.A., Sharayenko O.M. (2005). Novi metody stvorennia komponentiv hibrydiv kormovykh buriakiv na ChS osnovi. [New methods of creating components of fodder beet hybrids on MS basis]. *Zbirnyk naukovykh prats Instytutu tsukrovyykh buriakiv UAAN – Collection of scientific works of the Institute of Sugar Beets of UAAS*, 8, 238–243 [in Ukrainian].
11. Polishchuk T.V., Balaniuk L.O., Tatarchuk V.M. (2014). Metody stvorennia ta shliakhy vykorystannia liniinykh materialiv odnorostkovykh kormovykh buriakiv u seleksii na heterozys [Methods of creation and ways of using linear materials of single-sprout fodder beets in selection for heterosis]. *Zbirnyk naukovykh prats Umanskoho NUS – Collection of scientific works of the Uman NUH*, 86, 67–72 [in Ukrainian].
12. Dubchak O.V. (2010). Creation of experimental fodder beet hybrids on a sterile basis and evaluation of their productivity. *Zbirnyk naukovykh prats BNAU – Collection of scientific works of the BNAU*, 3 (74), 43–46 [in Ukrainian].
13. Kornienko A.V., Morhun A.V., Trush S.G. (2007). Seleksiya svekly na heterozis (*Beta vulgaris* L.) [Selection of beets for heterosis (*Beta vulgaris* L.)]. Voronezh. 255 p. [in Russian].
14. Orlov S.D. (2008). Source materials of fodder beets of different genome levels, their use in selection for heterosis. *Zbirnyk naukovykh prats Instytutu tsukrovyykh buriakiv UAAN – Collection of scientific works of the Institute of Sugar Beets of UAAS*, 10, 118–122 [in Ukrainian].
15. Buhaiov V.D., Vasylykivskyi S.P., Vlasenko V.A. (2010). Spetsialna seleksiia polovykh kultur [Special selection of field crops]. M.Ya. Molotsky (Ed.). Bila Tserkva. 368 p. [in Ukrainian].
16. Labroo M.R., Studer A.J., Rutkoski J.E. (2021). Heterosis and Hybrid Crop Breeding: A Multidisciplinary Review. *Front. Genet*, 12, 643761. DOI:10.3389/fgene.2021.643761 [in English].
17. Dubchak O.V., Orlov S.D. (2015). Rekombinuvannia hospodarsko-tsinnnykh oznak u kormovykh buriakiv [Recombination of economic and valuable traits in fodder beets]. *Tsukrovi buryaky – Sugar beets*, 5 (107), 4–7 [in Ukrainian].
18. Orlov S.D., Kostogryz L.A., Brovko S.M., Milienko M.V. (2012). Kombinatsiina zdattist u seleksii kormovykh buriakiv [Combinatorial ability in fodder beet selection]. *Naukovi pratsi Instytutu bioenerhetychnykh kultur i tsukrovyykh buryakiv – Scientific works of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet*, 15, 264–267 [in Ukrainian].
19. Roik M.V., Gizbullin N.G., Sinchenko V.M., Prysyazhnyuk O.I. et al. (2014). Metodyky provedennia doslidzhen u buriakivnytstvi [Methods of research in beet growing]. M. V. Roik, N. G. Gizbullin (Eds.) Kyiv: FOP Korzun D. Yu. 374 p. [in Ukrainian].
20. Yeschenko, V.O., Kopytko, P.G., Opryshko, V.P., Kostogryz, P.V. (2005). Osnovy naukovykh doslidzhen v ahronomii [Basics of scientific research in agronomy]. Kyiv: Diia. 288 p. [in Ukrainian].

Trush S.H., Balaniuk L.O., Parfeniuk O.O., Tatarchuk V.M.

Methods of creation and ways of using linear materials of multi-sprout fodder beets in heterosis breeding

Aim. Evaluation of the effectiveness of various methods of obtaining linear materials of multi-sprout fodder beets, studying their productive and hybridization potential, creating highly productive single-sprout hybrids on a sterile basis. **Methods.** Field (experiments, phenological observations), laboratory (to determine dry matter content), measuring and weighing (to determine the crop structure), statistical (mathematical processing of research

results). **Results.** The high efficiency of repeated individual-family selection and moderate forms of inbreeding in the formation of combination-capable linear materials of multi-sprout pollinators of fodder beet has been established. They exceed the standard by 1.4–3.7 % in root crop yield, 1.1–1.4% dry matter content, and 2.4–5.1% dry matter collection. The best single-sprout hybrids of fodder beet, created with their participation, ensure the collection of dry matter of 11.8–12.3 t/ha. **Conclusions.** Multiple individual-family selection and moderate inbreeding forms are quite effective methods of creating linear materials of multi-sprout fodder beet with different genetic structure. An obligatory prerequisite for the selection of crossbreeding components is the assessment of their hybridization potential and the level of basic productivity. According to the appropriate criteria for the formation of parental pairs, the best single-sprout hybrids of fodder beets on a sterile basis provide a guaranteed increase in dry matter collection of 5–10%.

Key words: selection materials, multiple individual-family selection, inbreeding, hybrid, productivity.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Труш С.Г., кандидат с.-г. наук, заступник директора з наукової роботи, Дослідна станція тютюництва ННЦ «ІЗ НААН», e-mail: trush_dst@ukr.net, ORCID: 0000-0002-0968-6358.

Баланюк Л.О., завідувач лабораторії селекції буряків цукрових, Дослідна станція тютюництва ННЦ «ІЗ НААН», e-mail: balaniukl@ukr.net, ORCID: 0009-0005-4311-0255.

Trush S.H., Candidate of agricultural sciences, deputy director for scientific work, Tobacco Research Station of the NSC «Institute of Agriculture of NAAS», e-mail: trush_dst@ukr.net, ORCID: 0000-0002-0968-6358.

Balaniuk L.O., Head of the sugar beet selection laboratory, Tobacco Research Station of the NSC «Institute of Agriculture of NAAS», e-mail: balaniukl@ukr.net, ORCID: 0009-0005-4311-0255.

Парфенюк О.О., кандидат с.-г. наук, старший науковий співробітник, Дослідна станція тютюництва ННЦ «ІЗ НААН», e-mail: oksana_parfenyuk@ukr.net, ORCID: 0000-0002-2348-4904.

Татарчук В.М., науковий співробітник, Дослідна станція тютюництва ННЦ «ІЗ НААН», e-mail: vm.tatarchuk@ukr.net, ORCID: 0009-0005-0380-8771.

Parfeniuk O.O., Candidate of agricultural sciences, senior researcher, Tobacco Research Station of the NSC «Institute of Agriculture of NAAS», e-mail: oksana_parfenyuk@ukr.net, ORCID: 0000-0002-2348-4904.

Tatarchuk V.M., Researcher, Tobacco Research Station of the NSC «Institute of Agriculture of NAAS», e-mail: vm.tatarchuk@ukr.net, ORCID: 0009-0005-0380-8771.

Надійшла 10.12.2024

РЕГУЛЯЦІЯ СТРЕСОСТІЙКОСТІ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ ЗА ДІЇ БІОПРЕПАРАТІВ У КОНТЕКСТІ СТАЛОГО РОЗВИТКУ

Д.В. Давидов, Т.М. Тимошук

Поліський національний університет (м. Житомир, Україна)

Мета. З'ясувати особливості дії біопрепаратів на стресостійкість рослин пшениці озимої, урожайність та якість зерна в умовах Полісся. **Методи.** Польові дослідження проведені у короткочасній сівозміні протягом 2023–2024 рр. на дерново-підзолистому супіщаному ґрунті в умовах Полісся. Використані такі методи досліджень: польовий, лабораторний, статистичний і порівняльно-розрахунковий. **Результати.** Проведено обстеження посівів для діагностики стану перезимівлі рослин пшениці озимої і визначення їх життєздатності за дії біопрепаратів. Встановлено високу життєздатність рослин пшениці озимої під впливом органо-мінерального добрива Бактолайв Сід, ЗП і ендомікоризного інокулянта Ендоспор ДМ, ЗП. З'ясовано, що використання біопрепаратів Бактолайв Сід, ЗП і Ендоспор ДМ, ЗП для обробки насіння перед висіванням забезпечує підвищення адаптаційних властивостей рослин, урожайності зерна пшениці озимої і його якості. **Висновки.** Доведена доцільність застосування в органічних технологіях вирощування пшениці озимої ендомікоризного інокулянта Ендоспор ДМ, ЗП і органо-мінерального добрива Бактолайв Сід, ЗП для обробки насіння перед висіванням. Це дає можливість отримати врожайність зерна пшениці озимої 5,26–5,39 т/га з умістом клейковини 23,7–24,2 % та натюри зерна 754,7 і 755,2 г/л. Результати цього дослідження можуть сприяти вдосконаленню органічних технологій вирощування пшениці озимої та розвитку сталого сільського господарства в умовах Полісся України.

Ключові слова: урожайність зерна, органічні технології, адаптивність, індивідуальна продуктивність, маса 1000 насінин, натура зерна, клейковина.

Вступ. Стратегічним напрямом розвитку аграрного сектору України є розвиток зернової галузі. Стале виробництво зерна є важливим елементом у вирішенні проблем продовольчої безпеки, добробуту населення і конкурентоздатності країни. Попри перспективи розвитку зернової галузі, наразі аграрії мають певні виклики, що перешкоджають подальшому зростанню обсягів виробництва зерна [1; 2]. Серед проявів кліматичних змін за умов глобального потепління до основних чинників, що виявляють негативний вплив на аграрне виробництво слід виділити такі: істотне підвищення температури повітря, зміни термічного режиму, коливання розподілу опадів, посилення перебігу стихійних метеорологічних явищ і екстремальні погодні умови. Захист сільськогосподарських культур від стресових факторів є важливим напрямом у аграрному виробництві країни [3]. У зв'язку з цим, важливо переглянути підходи

до ведення агробізнесу з врахуванням принципів Європейської зеленої угоди у напрямі переходу до інноваційних кліматично оптимізованих технологій. Це стимулює дослідженню сталих практик впровадження органічних технологій вирощування сільськогосподарських культур.

Вивчення стану проблеми. Використання біопрепаратів в аграрному секторі є одним із ключових напрямків удосконалення агротехнологій сільськогосподарських культур. Це сприяє не лише зниженню забруднення довкілля, але й збереженню родючості ґрунтів і біорізноманіття, а також виробництву екологічно безпечної і високоякісної продукції рослинництва. Крім того, застосування біопрепаратів дозволяє зменшити витрати на синтетичні хімічні речовини, що робить виробництво рослинницької продукції конкурентоспроможним і високорентабельним [4]. Перевагою біопрепаратів на основі штамів грибів і бактерій

є їх властивість поліпшити живлення рослин внаслідок мобілізації макро- і мікроелементів з ґрунту. За використання біопрепаратів, що здатні оптимізувати живлення рослин та активувати їх стійкість до ураження фітопатогенами, забезпечується підвищення врожайності зернових культур [5]. Одним із найпоширеніших рослинних мікробних симбіозів є арбускулярна мікориза (АМ). Науковці Т. Герасько і ін. (2023) довели, що інокуляція коренів ендомікоризним біопрепаратом Muso Apply Super Concentrate 10 на Півдні України сприяє адаптивній перебудові фотосинтетичного листкового апарату дерев черешні. Це також покращує водний режим у перший рік після обробки і збільшує площу листкової поверхні на другий рік після застосування [6].

У праці науковців висвітлено позитивний вплив обробки насіння і посівів двох сортів ячменю ярого (Авгій і Воєвода) біопрепаратом Біокомплекс-БТУ, р. на урожайність зерна в умовах Правобережного Лісостепу України. Встановлено, що за дії біопрепарату Біокомплекс-БТУ, р. продуктивність культури підвищується на 1,1–7,4 % порівняно з контролем [7]. Оптимізації комплексного застосування мікробіологічних препаратів у технологіях вирощування злакових культур присвячено значну кількість наукових праць [8; 9; 10]. У результаті дослідження оптимізації живлення 4-х сортів ячменю озимого встановлено, що позакореневі обробки біопрепаратами виявили позитивну дію на ростові процеси рослин. За дії позакореневого внесення біопрепаратів Азотофіт і Органік-Баланс збільшувалася площа листкової поверхні та посилювалася їх фотосинтетична діяльність [8].

Встановлено, що ефективним елементом у технології вирощування пшениці озимої в умовах Західного Лісостепу є застосування біостимуляторів Вимпел-К і Вимпел-2 у поєднанні з рідким мікродобрив Оракул колофермин. Така комбінація сприяє підвищенню польової схожості насіння і виживаності рослин протягом вегетаційного періоду, що позитивно впливає на формування продуктивності культури [9]. Дослідженнями встановлено антагоністичну активність штаму *B. amyloliquefaciens subsp. plantarum* (Мікро-1) щодо пригнічення збудників кореневих гнилей ячменю ярого. Виявлено, що обробка насіння біопрепаратом Мікро-1 з титром $1-3 \times 10^7$ КУО/мл перед висіванням знижує розвиток захворювання на 51,3% та збільшує урожайність зерна культури на 0,35–0,45 т/га порівняно з контролем [10].

Науковці дослідили ефективність зброженої біомаси, що утворюється за анаеробного зброджування опалого листя для обробки насіння рослин. Встановлено, що обробка насіння газонних трав (пажитниці багаторічної і костриці червоної) цим біостимулятором сприяє підвищенню енергії проростання, висоти проростків і довжини корінців порівняно з контролем [11].

Важливим інструментом удосконалення органічної технології вирощування пшениці озимої є використання мікоризації. Це сприяє більш широкому впровадженню біотехнологій в агросектор, що є одним із пріоритетів сталого розвитку сільського господарства для забезпечення його екологічної та економічної сталості [12]. Арбускулярна мікориза підвищує життєздатність рослин, стимулює їх ріст і розвиток, а також збільшує урожайність, завдяки пом'якшенню стресів, з якими стикаються рослини. Зниження біотичного (фітопатогени, бур'яни) та абіотичного (засолення, посуха, екстремальні температури, рН ґрунту, важкі метали) стресу відбувається завдяки зміні фізіологічного стану рослин під впливом мікоризного симбіозу [13]. Завдяки взаємовигідній мікоризній асоціації, рослини забезпечуються вуглецем і енергією у формі карбогідратів мікопартнеру. Водночас збільшується площа поглинання кореневої системи, забезпечується ефективний транспорт води і основних поживних елементів із ґрунту в рослини [14; 15]. Дослідженнями вчених доведено позитивний вплив мікоризації коренів сільськогосподарських рослин грибами *Trichoderma harzianum* і *Tuber melanosporum* на структурно-агрегатний стан ґрунту. Внаслідок їх дії з пилюватої частини ґрунту формуються грудочки з оптимальною фракцією (0,25–10,0 мм), що позитивно впливає на шпаруватість і повітропроникливість ґрунту [16].

Позитивний вплив мікоризних асоціацій на зміцнення захисних механізмів рослин або індукцію їх стійкості до фітопатогенів детально висвітлено у науковій літературі [17]. Використання мікоризних грибів є інноваційним рішенням для захисту рослин від хвороб, що сприяє зменшенню використання пестицидів. Мікоризацію також можна розглядати як екосистемну послугу [18]. Науковці встановили високу технічну ефективність (до 77,8%) застосування біологічних фунгіцидів Псевдобактерин 2 (1 л/га) і Бактофіт (2,5 л/га) у період вегетації ячменю озимого, залежно від сорту і строку сівби, для захисту від хвороб грибної етіології [19]. На думку вчених ефективним є використання сумішей біопрепаратів,

що підвищує рівень захисту пшениці ярої від захворювань, підвищує урожайність зерна та дає змогу скоротити кількість обробок за вегетацію [20]. Отже, застосування біопрепаратів є ефективним фактором підвищення урожайності зерна пшениці озимої і поліпшення його якості, що і обумовлює актуальність проведених досліджень.

Мета дослідження – оцінити вплив біопрепаратів на адаптивність рослин пшениці озимої, урожайність та якість зерна в умовах Полісся для оптимізації органічних технологій вирощування культури.

Матеріали та методи досліджень. Дослідження проводили протягом 2023–2024 рр. в умовах фермерського господарства сімейного типу ФОП «Давидов Денис Васильович» на дерново-підзолистому супіщаному ґрунті. Ґрунт дослідних ділянок характеризувався такими показниками: $\text{pH}_{\text{сол}}$ – 5,74, уміст гумусу в орному шарі – 1,25%, нітратного азоту (N-NO_3) – 5,52–6,31 мг/кг сухого ґрунту, амонійного азоту (N-NH_4) – 3,35–3,78 мг/кг сухого ґрунту, рухомих форм фосфору (за Чириковим) – 32,78–33,57 мг/кг сухого ґрунту, калію (за Чириковим) – 52,63–53,41 мг/кг сухого ґрунту. Схема досліду з вивчення ефективності застосування біопрепаратів для обробки насіння пшениці озимої включає варіанти: 1. Контроль (обробка водою); 2. Ендоспор ДМ, ЗП, 0,25 кг/т; 3. Бактолайв СІД Про, ЗП, 0,1 кг/т.

До складу біопрепарату Ендоспор ДМ, ЗП входять бактерії *Pseudomonas fluorescens*, *Bacillus megaterium*, *Azotobacter chroococcum*, *Azospirillum brasilense* з титром 2×10^9 КУО/г препарату, а також ендомікоризний гриб *Glomus intraradices* з титром 132 спори/г препарату. До складу органічно-мінерального добрива Бактолайв Сід, ЗП входять гриб *Trichoderma harzianum* і бактерії *Bacillus* spp., а також макроелементи (N – 1%, P_2O_5 – 0,5%, K_2O – 18%) і мікроелементи (Cu, Na_2O , S, Co, CaO, Mn, Fe, B, Zn, Mo). Уміст в добриві органічної речовини до 50%.

Технологія вирощування у досліді пшениці озимої сорту Скаген була загальноприйнята для зони Полісся за винятком передпосівної обробки насіння.

Площа облікової ділянки становила 36 м². Розміщення варіантів у досліді систематичне, повторність чотириразова. Пшеницю озиму вирощували за загальноприйнятою технологією у короткоротаційній сівозміні після сої. Дослідження проводили за загальноприйнятими методиками [21; 22]. Моніторинг посівів і оцінку стану перезимівлі рослин здійснювали шляхом обстеження посівів пшениці озимої. На дослідних ділянках відбирали зразки рослин для подальшого відрощування рулонним методом за загальновідомими методиками [22]. Облік урожайності зерна пшениці озимої проводили у фазі повної стиглості шляхом збирання з кожної ділянки окремо та зважування. Математичну обробку результатів досліджень проводили методом дисперсійного аналізу з використанням прикладних комп'ютерних програм Excel та Statistica 6.0. Агrometeorологічні умови протягом років дослідження істотно відрізнялися від середньобагаторічних параметрів за сумою опадів, показниками температури та їх розподілом впродовж вегетаційного періоду.

Результати та їх обговорення. Моніторинг стану перезимівлі пшениці озимої наприкінці зимового періоду є актуальним питанням для аграрних виробників. Діагностика посівів і оцінка стану рослин дає змогу своєчасно прийняти оптимальні рішення та здійснювати необхідні заходи стосовно догляду за рослинами у весняний період. Діагностику стану перезимівлі пшениці озимої здійснювали шляхом обстеження посівів та відбору зразків рослин для відрощування рулонним методом (табл.).

Ймовірність виживання рослин, що були відібрані із варіанта, де насіння перед висіванням обробляли біопрепаратом Ендоспор ДМ, ЗП становить 100%. Показник ймовірності виживання рослин із варіанту, де насіння обробляли органічно-мінеральним добривом Бактолайв Сід, ЗП становить 98%. На контрольному варіанті показник ймовірності виживання рослин становив 90 %. Отже, відбір монолітів пшениці озимої з подальшим пророщуванням рослин у лабораторних умовах підтвердив високу життєздатність рослин під

Оцінка стану рослин пшениці озимої у період перезимівлі, 2023–2024 рр.

Варіант досліду	Життє-здатність рослин, %	Ймовірність виживання рослин, %	Стан посівів
Контроль (обробка водою)	100	90	добрий
Ендоспор ДМ, ЗП, 0,25 кг/т	100	100	добрий
Бактолайв СІД Про, ЗП, 0,1 кг/т	100	98	добрий

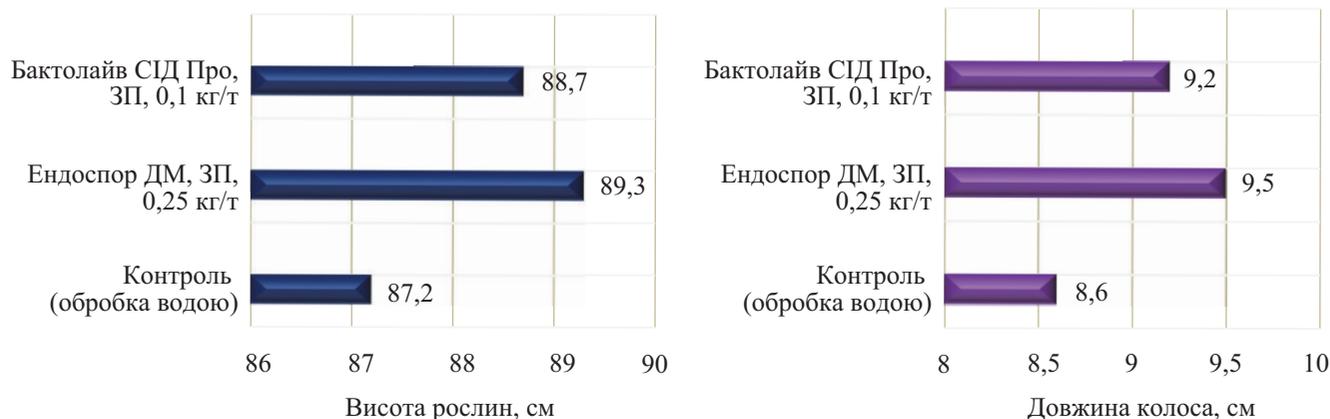


Рис. 1. Біометричні показники рослин пшениці озимої за дії біопрепаратів, середнє за 2023–2024 рр.

впливом ендомікоризного інокулянта Ендоспор ДМ, ЗП і органо-мінерального добрива Бактолайв Сід, ЗП.

Обробка насіння пшениці озимої біопрепаратами перед висіванням виявила позитивну дію на біометричні показники рослин (рис. 1).

Найвищу висоту (89,3 см) сформували рослини пшениці озимої за дії біопрепарату Ендоспор ДМ, ЗП (0,25 кг/т), що на 2,1 см більше порівняно з контролем. Обробка насіння органо-мінеральним добривом Бактолайв Сід Про, ЗП (0,1 кг/т) сприяла підвищенню висоти рослин на 1,5 см порівняно з контролем. За дії біопрепаратів довжина колоса підвищувалася на 6,98–10,47 % порівняно із контрольним варіантом.

Найвищу кількість колосків у колосі (27,1 шт.) сформували рослини пшениці озимої за дії біопрепарату Ендоспор ДМ, ЗП (0,25 кг/т), що на 10,3 % більше порівняно з контролем (рис. 2).

За дії органічно-мінерального добрива Бактолайв Сід, ЗП на основі бактерій *Bacillus* spp. і гриба *Trichoderma harzianum* з нормою витрати 0,1 кг/т кількість колосків у колосі збільшувалася на 8,2% порівняно з контролем. Обробка насіння пшениці

озимої перед висіванням Ендоспор ДМ, ЗП і Бактолайв Сід, ЗП сприяла збільшенню кількості зерен в колосі на 9,54 і 10,74% відповідно порівняно з контролем.

Найвищу масу зерна з колоса (1,05 г) пшениці озимої отримали за обробки насіння перед висіванням біопрепаратом Ендоспор ДМ, ЗП, що на 28,15 % більше порівняно з контролем (рис. 3).

За дії органо-мінерального добрива Бактолайв Сід, ЗП з нормою витрати 0,1 кг/т маса зерна з колоса збільшувалася на 23,17 % порівняно з контролем. Обробка насіння пшениці озимої перед висіванням Бактолайв Сід, ЗП і Ендоспор ДМ, ЗП сприяла формуванню маси 1000 насінин на рівні 43,4 і 43,9 г відповідно, що на 4,1–5,3% більше порівняно з контролем.

Встановлено, що пшениця озимої сорту Скаген залежно від обробки насіння біопрепаратами сформувала врожайність зерна від 4,31 до 5,26 т/га (рис. 4).

За дії органічно-мінерального добрива Бактолайв Сід, ЗП на основі бактерій *Bacillus* spp. і гриба *Trichoderma harzianum* з нормою витрати 0,1 кг/т урожайність зерна пшениці озимої збільшувалася

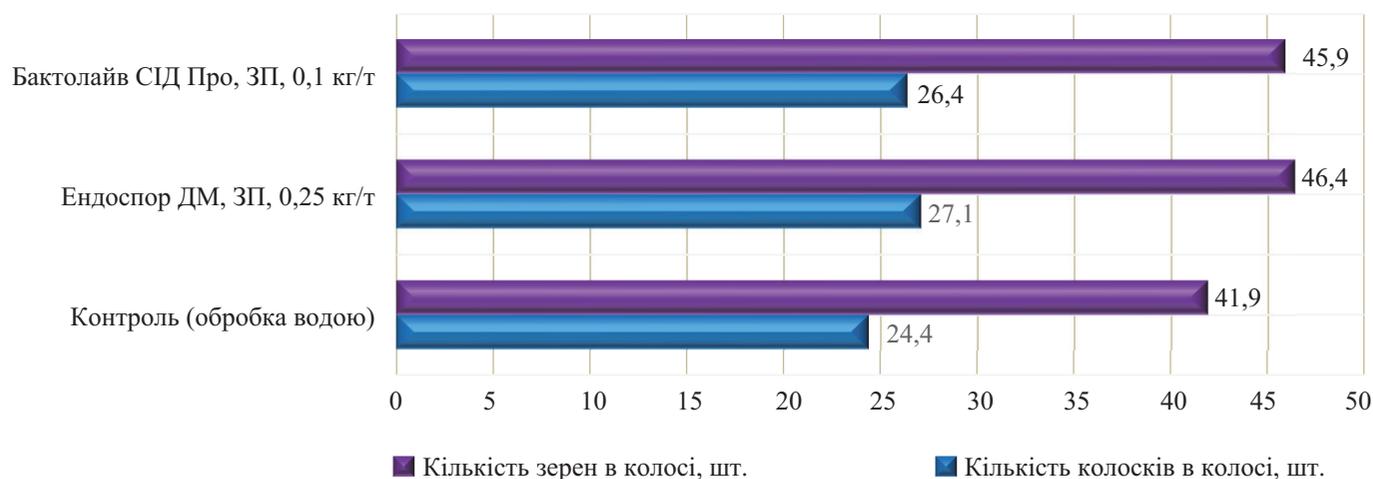


Рис. 2. Кількість зерен і колосків у колосі пшениці озимої за дії біопрепаратів, середнє за 2023–2024 рр.

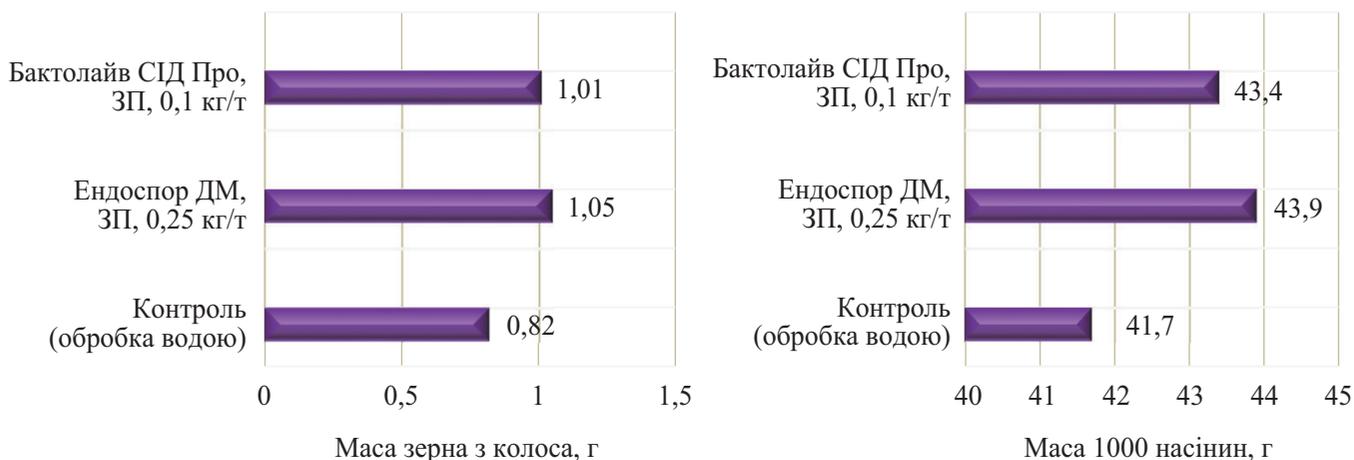


Рис. 3. Маса зерна з колоса та маса 1000 насінин за дії біопрепаратів, середнє за 2023–2024 рр.

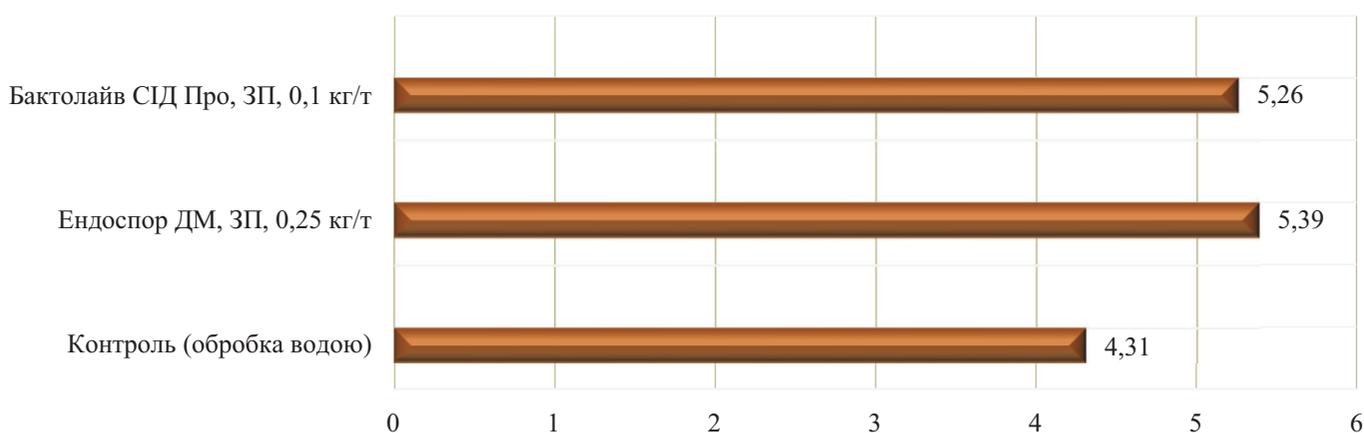


Рис. 4. Урожайність зерна пшениці озимої сорту Скаген за дії біопрепаратів (середнє за 2023–2024 рр.), т/га
НІР₀₅ 2023 – 0,23 т/га; 2024 р. – 0,19 т/га

на 0,95 т/га порівняно з контролем. Найвищий приріст урожайності зерна (1,08 т/га) отримано у результаті обробки насіння перед висіванням біопрепаратом Ендоспор ДМ, ЗП нормою витрати 0,25 кг/т.

Передпосівна обробка насіння пшениці озимої перед висіванням сприяла покращанню показників якості врожаю (рис. 5).

За дії органічно-мінерального добрива Бактолайв Сід, ЗП з нормою витрати 0,1 кг/т спостерігали підвищення умісту клейковини у зерні на 7,23 % порівняно з контролем. Найвищий уміст клейковини у зерні пшениці озимої (24,2 %) отримали за обробки насіння перед висіванням біопрепаратом Ендоспор ДМ, ЗП, що на 9,5 % більше порівняно з контролем.

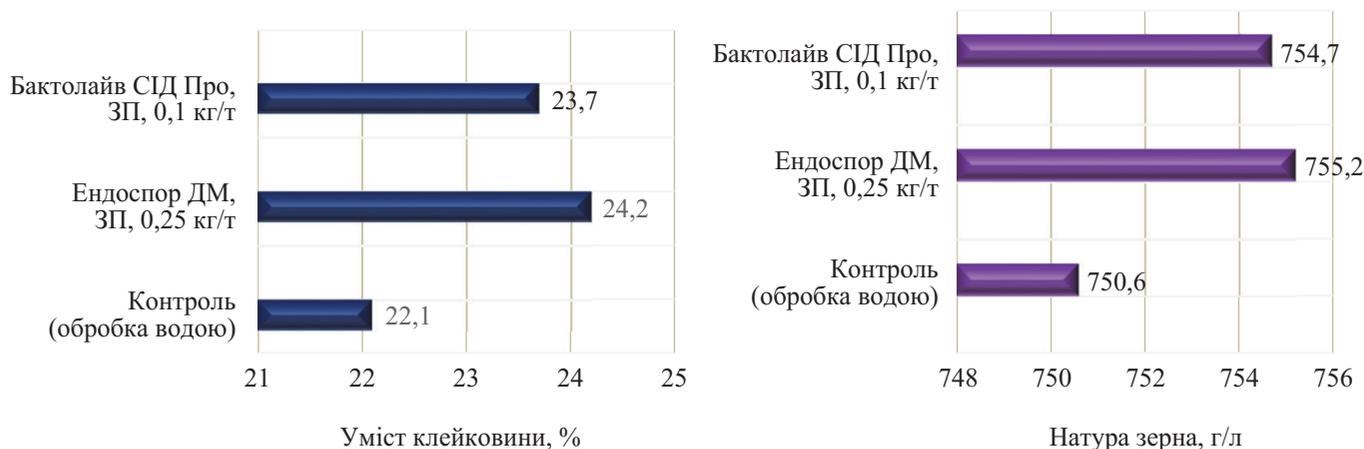


Рис. 5. Якість зерна пшениці озимої сорту Скаген за дії біопрепаратів, середнє за 2023–2024 рр.

Обробка насіння пшениці озимої перед висіванням Бактолайв Сід, ЗП і Ендоспор ДМ, ЗП сприяла підвищенню натуре зерна до 754,7 і 755,2 г/л. Отже, застосування біопрепаратів у технології вирощування пшениці озимої може стати важливим інструментом для досягнення Цілей сталого розвитку, сприяючи збереженню екосистем, зменшенню впливу сільськогосподарства на довкілля та підвищенню адаптивності до абіотичних і біотичних стресових умов.

Висновки

Використання ендомікоризного інокулянта Ендоспор ДМ, ЗП і органо-мінерального добрива Бактолайв Сід, ЗП способом обробки насіння перед висіванням сприяє посиленню адаптаційних властивостей рослин пшениці озимої, зокрема підвищується їх зимостійкість. Встановлено позитивну дію біопрепаратів Бактолайв Сід, ЗП і Ендоспор ДМ, ЗП на формування індивідуальної продуктивності рослин пшениці озимої. За обробки насіння перед висіванням досліджуваними біопрепаратами підвищується висота рослин, довжина колоса, кількість колосків і зерен у колосі та маса зерна з одного колоса. Застосування органо-мінерального добрива Бактолайв Сід, ЗП (0,1 кг/т) і Ендоспор ДМ, ЗП (0,25 кг/т)

забезпечує формування найвищої маси 1000 насінин – 43,4 і 43,9 г.

Обробка насіння органічно-мінеральним добривом Бактолайв Сід, ЗП на основі бактерій *Bacillus spp* і гриба *Trichoderma harzianum* підвищує врожайність зерна пшениці озимої на 18,12 % порівняно з контролем. Максимальну врожайність зерна сорту Скаген (5,39 т/га) отримали за обробки насіння перед висіванням комплексним біопрепаратом на основі бактерій *Bacillus megaterium*, *Azospirillum brasilense*, *Pseudomonas fluorescens*, *Azotobacter chroococcum* і ендомікоризного гриба *Glomus intraradices*. Обробка насіння пшениці озимої перед висіванням Бактолайв Сід, ЗП і Ендоспор ДМ, ЗП сприяла підвищенню умісту клейковини в зерні та натуре зерна пшениці озимої.

Отримані результати свідчать про можливість використання біопрепаратів способом обробки насіння перед висіванням пшениці озимої для посилення адаптації рослин та отримання сталих урожаїв високої якості. Це підтверджує перспективність подальшого вивчення ефективності використання комплексних біопрепаратів на основі грибів та бактерій у органічних технологіях вирощування пшениці озимої для розвитку сталого сільськогосподарства.

ЛІТЕРАТУРА

1. Поліщук В.В., Коновалов Д.В. Урожайність насіння пшениці озимої залежно від груп стиглості сортів та елементів технології вирощування. *Землеробство та рослинництво: теорія та практика*. 2024. Вип. 1(11). С. 96–101. doi: <https://doi.org/10.54651/agri.2024.01.11>.
2. Тогагинська О.В., Тимошук Т.М. Оцінка технологій вирощування пшениці озимої за еколого-агрохімічними показниками темно-сірого опідзоленого ґрунту. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2017. № 3. С. 11–17.
3. Олійник К.М., Давидюк Г.В., Щербак Ю.В. Формування продуктивності пшениці озимої за адаптивних технологій вирощування. *Землеробство та рослинництво: теорія та практика*. 2023. Вип. 1(7). С. 38–46. doi: <https://doi.org/10.54651/agri.2023.01.05>.
4. Бунас А.А., С.Д. Ткач, В.В. Дворецький Біопрепарати в Україні та світі: сучасні тренди й перспективи. *Агроекологічний журнал*. 2024. №4. С. 132–140. doi: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2024.317163>.
5. Крутякова В.І., Гулич О.І., Янсе Л.А. Стан і проблеми ринку біологічних засобів захисту рослин в Україні. *Вісник аграрної науки*. 2023. №1. С. 30–39. doi: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk.202212-04>.
6. Gerasko T., Tymoshchuk T., Pokoptseva L., Nezhnova N., Mrynyskiy I. Mycorrhization as a tool for regulating the stress tolerance of sweet cherry in sustainable agriculture. *Scientific Horizons*. 2023. Vol. 28(2). P. 76–88. doi: <https://doi.org/10.48077/scihor.5.2023.76>.
7. Власюк О.С., Тимошук Т.М. Ефективність мікробних препаратів залежно від удобрення ячменю ярого. *Scientific Horizons*. 2018. №1(64). С. 15–22.
8. Гамаюнова В.В., Кувшиянова А.О. Фотосинтетична діяльність ячменю озимого залежно від особливостей сорту та біопрепаратів. *Аграрні інновації*. 2023. №18. С. 156–162. doi: <https://doi.org/10.32848/agra.innov.2021.10.16>.
9. Орловський М.Й., Тимошук Т.М., Конопчук О.В., Войцехівський В.І., Дідур І.М. Вплив елементів технології вирощування на продуктивність пшениці озимої в умовах Західного Полісся України. *Scientific*

- Horizons*. 2019. №11 (84). С. 77–85 doi: <https://doi.org/10.33249/2663-2144-2019-84-11-77-85>.
10. Чайка О.В., Лапа С.В., Тимошук Т.М., Грицюк Н.В. Дослідження ефективності застосування біопрепарату Мікро-1 проти хвороб ячменю ярого в умовах Полісся. *ScienceRise: Biological Science*. 2017. № 2 (5) С. 34–37.
 11. Бублієнко Н.О., Семенова О.І., Скидан О.В., Тимошук Т.М., Ткачук В.П. Біотехнологічна утилізація опалого листя. *Scientific Horizons*. 2020. №2 (87). С. 7–14. doi: <https://doi.org/10.33249/2663-2144-2020-87-02-07-14>.
 12. Kalamulla R., Karunarathna S.C., Tibpromma S., Galappaththi M.C.A., Suwannarach N., Stephenson S.L., Asad S., Salem Z.S., Yapa N. Arbuscular Mycorrhizal Fungi in Sustainable Agriculture. *Sustainability*. 2022. Vol. 14. P. 12250. doi: <https://doi.org/10.3390/su141912250>.
 13. Dar G. H., Dunge P. Role of arbuscular mycorrhizal fungi in mulberry ecosystem development. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 2020. Vol. 9(5). P. 13–37. doi: <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2020.905.002>.
 14. Джаган В.В., Петльована В.Р. Перспективи використання мікоризних грибів для підвищення стійкості зелених насаджень урбанізованих територій. *Теорія та практика дизайну: зб. наук. праць. Садово-паркове господарство*. 2023. Вип. 27. С. 198–203. doi: <https://doi.org/10.32782/2415-8151.2023.27.25>.
 15. Dowarah B., Gill S. S., Agarwala N. Arbuscular mycorrhizal fungi in conferring tolerance to biotic stresses in plants. *Journal of Plant Growth Regulation*. 2022. Vol. 41. P. 1429–1444. doi: <https://doi.org/10.1007/s00344-021-10392-5>.
 16. Димитров С.Г., Саблук В.Т. Покращення структурно-агрегатного стану ґрунту за мікоризації кореневої системи рослин сільськогосподарських культур мікоризоутворювальними грибами. *Вісник СНАУ. Сер. «Агрономія і біологія»*. Вип. 2(48), 2022. С.59–62. doi: <https://doi.org/10.32845/agrobio.2022.2.9>.
 17. Pu C., Ge Y., Yang G., Zheng H., Guan W., Chao Z., Shen Y., Liu S., Chen M., Huang L. Arbuscular mycorrhizal fungi enhance disease resistance of *Salvia miltiorrhiza* to *Fusarium* wilt. *Frontiers in Plant Science*. 2022. Vol. 13. P. 975558. doi: <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.975558>.
 18. Delaeter M., Magnin-Robert M., Randoux B., Lounès-Hadj Sahraoui A. Arbuscular mycorrhizal fungi as biostimulant and biocontrol agents: A review. *Microorganisms*. 2024. Vol. 12. P. 1281. doi: <https://doi.org/10.3390/microorganisms12071281>.
 19. Вожегова Р.А., Заєць С.О., К.С. Фундират, Л.І. Онуфран, Юзюк С.М. Ефективність біологічних і хімічних фунгіцидів у боротьбі зі збудниками грибних хвороб на посівах ячменю озимого в умовах зрошення. *Вісник аграрної науки*. 2021. №11 (824). С. 67–74.
 20. Райчук Т.М. Основні хвороби пшениці ярої та застосування біофунгіцидів в умовах Північного Лісостепу України. *Землеробство та рослинництво: теорія і практика*. 2024. Вип. 4 (14). С. 60–67. doi: <https://doi.org/10.54651/agri.2024.04.07>.
 21. Методика випробування і застосування пестицидів / С.О. Трибель та ін. Київ : Світ, 2001. 448 с.
 22. Дослідна справа у агрономії: навч. посібн: Кн. 1. Теоретичні аспекти дослідної справи / А.О. Рожков та ін.; за ред. А.О. Рожкова. Харків : Майдан, 2016. 316 с.

REFERENCES

1. Polischuk, V., & Konovalov, D. (2024). Yield of winter wheat seeds depending on maturity groups of varieties and technology elements. *Agriculture and Plant Sciences: Theory and Practice*, (1), 96–101. doi: <https://doi.org/10.54651/agri.2024.01.11> [in Ukrainian].
2. Togachynska O.V., Tymoshchuk T.M. (2017). Environmental technology expertise of growing winter wheat on agrochemical and hygienic indicators of podzolized dark gray soil [Otsinka tekhnolohii vyroshchuvannya pshenytsi ozymoi za ekoloho-ahrokhimichnymu pokaznykamy temno-siroho opidzolenoho ґрунту]. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 3, 11–17 [in Ukrainian].
3. Oliinuk K., Davydiuk A., Shcherbakova J. (2023). Formation of winter wheat productivity using adaptive growing technologies [Formuvannya produktyvnosti pshenytsi ozymoi za adaptyvnykh tekhnolohii vyroshchuvannya]. *Agriculture and Plant Sciences: Theory and Practice*, (1), 38–46. doi: <https://doi.org/10.54651/agri.2023.01.05> [in Ukrainian].
4. Bunas A.A., Tkach Ye.D., Dvoretzkyi V.V. (2024). Biopreparations in Ukraine and in the world: trends and perspectives [Biopreparaty v Ukraini ta sviti: suchasni trendy u perspektyvy]. *Agroecological journal*, 4, 132–140. doi: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2024.317163> [in English].

5. Krutyakova V., Gulych O., Janse L. (2023). State and problems of the market of biological plant protection products in Ukraine [Stan i problemy rynku biolohichnykh zasobiv zakhystu roslyn v Ukraini]. *Bulletin of Agrarian Science*, 1, 30–39. doi: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202212-04> [in English].
6. Gerasko T., Tymoshchuk T., Pokoptseva L., Nezhnova N., Mrynskyi I. (2023). Mycorrhization as a tool for regulating the stress tolerance of sweet cherry in sustainable agriculture. *Scientific Horizons*, 28(2), 76–88. doi: <https://doi.org/10.48077/scihor5.2023.76> [in English].
7. Vlasyuk O., Tymoshchuk T. (2018). Efficiency of microbial drugs depending on fertilizer of spring barley [Efektyvnist mikrobnykh preparativ zalezho vid udobrennia yachmeniu yaroho.]. *Scientific Horizons*, 1(64), 15–22 [in Ukrainian].
8. Gamayunova V.V., Kuvshinova A.O. (2023). Photosynthetic activity of winter barley depending on the characteristics of the variety and biological products [Fotosyntetychna diialnist yachmeniu ozymoho zalezho vid osoblyvostei sortu ta biopreparativ]. *Agricultural innovations*, 18, 156–162. doi: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2021.10.16> [in Ukrainian].
9. Orlovsky M.J., Tymoshchuk T.M., Konopchuk O.V., Voitshivsky V.I., Didur I.V. (2019). The effect of growth technology features on the productivity of winter wheat in the context of Ukrainian Western Polissia [Vplyv elementiv tekhnolohii vyroshchuvannia na produktyvnist pshenytsi ozymoi v umovakh Zakhidnoho Polissia Ukrainy]. *Scientific Horizons*, 11 (84), 77–85. doi: <https://doi.org/10.33249/2663-2144-2019-84-11-77-85> [in Ukrainian].
10. Chaika O.V., Lapa S.V., Tymoshchuk T.M., Hrytsiuk N.V. (2017). Study of the effectiveness of the biological product Micro-1 against spring barley diseases in Polissia [Doslidzhennia efektyvnosti zastosuvannia biopreparatu Mikro-1 proty khvorob yachmeniu yaroho v umovakh Polissia]. *ScienceRise: Biological Science*, 2 (5), 34–37 [in Ukrainian].
11. Bublienko, N., Semenova, O., Skydan, O., Tymoshchuk, T., Tkachuk, V. (2020). Biotechnological utilization of fallen leaves. [Biotekhnolohichna utylizatsiia opaloho lystia]. *Scientific Horizons*, 2 (87), 7–14. doi: <https://doi.org/10.33249/2663-2144-2020-87-02-07-14> [in Ukrainian].
12. Kalamulla R., Karunarathna S.C., Tibpromma S., Galappaththi M.C.A., Suwannarach N., Stephenson S.L., Asad S., Salem Z.S., Yapa N. (2022). Arbuscular mycorrhizal fungi in sustainable agriculture. *Sustainability*, 14, 12250. doi: <https://doi.org/10.3390/su141912250> [in English].
13. Dar G.H., Dunge P. (2020). Role of arbuscular mycorrhizal fungi in mulberry ecosystem development. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 9(5), 13–37. doi: <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2020.905.002>
14. Dzhagan V., Petlova V. (2023). Perspectives of using mycorrhizal fungi for increasing the resistance of green plantings in urbanized areas [Perspektyvy vykorystannia mikoryznykh hrybiv dlia pidvyshchennia stiikosti zelenykh nasadzhen urbanizovanykh terytorii]. *Theory and practice of design*, 1(27), 198–203. doi: <https://doi.org/10.32782/2415-8151.2023.27.25> [in Ukrainian].
15. Dowarah B., Gill S. S., Agarwala N. (2022). Arbuscular mycorrhizal fungi in conferring tolerance to biotic stresses in plants. *Journal of Plant Growth Regulation*, 41, 1429–1444. doi: <https://doi.org/10.1007/s00344-021-10392-5> [in English].
16. Dymyrov S.H., Sabluk V.T. (2022). Improving of soil structural and aggregate state through mycorrhization of the crop root system by mycorrhizaforming fungi [Pokrashchennia strukturno-ahrehatnoho stanu gruntu za mikoryzatsii korenevoi systemy roslyn silskohospodarskykh kultur mikoryzoutvoriuvannykh hrybamy]. *Bulletin SNAU. Series "Agronomy and Biology"*, 2(48), 59–62. doi: <https://doi.org/10.32845/agrobio.2022.2.9> [in Ukrainian].
17. Pu C., Ge Y., Yang G., Zheng H., Guan W., Chao Z., Shen Y., Liu S., Chen M., Huang L. (2022). Arbuscular mycorrhizal fungi enhance disease resistance of *Salvia miltiorrhiza* to *Fusarium* wilt. *Frontiers in Plant Science*, 13, 975558. doi: <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.975558> [in English].
18. Delaeter M., Magnin-Robert M., Randoux B., Lounès-Hadj Sahraoui A. (2024). Arbuscular mycorrhizal fungi as biostimulant and biocontrol agents: A review. *Microorganisms*, 12, 1281. doi: <https://doi.org/10.3390/microorganisms12071281> [in English].
19. Vozhehova R.A., Zaiets S.O., Fundyrat K.S., Onufra L.I., Yuzyuk S. M. (2021). Effectiveness of biological and chemical fungicides in the control of fungal diseases on winter barley crops under irrigation [Efektyvnist biolohichnykh i khimichnykh funhitsydiv u borotbi zi zbudnykamy hrybnykh khvorob na posivakh yachmeniu ozymoho v umovakh zroshennia]. *Bulletin of Agrarian Science*, 11 (824), 67–74 [in Ukrainian].

20. Raichuk T.M. (2024). The main diseases of spring wheat and the use of biofungicides in the northern Forest-Steppe of Ukraine [Osnovni khvoroby pshenytsi yaroi ta zastosuvannya biofunhitsudiv v umovakh Pivnichnoho Lisostepu Ukrainy]. *Agriculture and plant sciences: theory and practice*, 4 (14), 60–67. doi: <https://doi.org/10.54651/agri.2024.04.07> [in Ukrainian].
21. Methods of testing and application of pesticides [Metodyka vyprovuvannya i zastosuvannya pestytsydiv] (2001)/ S.O. Trybel ta in. Kyiv : Svit. 448 p. [in Ukrainian].
22. Research in agronomy [Doslidna sprava u ahronomii] (2016): navch. posibn: Kn. 1. Teoretychni aspekty doslidnoi spravy / A.O. Rozhkov ta in.; za red. A.O. Rozhkova. Kharkiv : Maidan. 316 p. [in Ukrainian].

Davydov D.V., Tymoshchuk T.M.

Regulation of winter wheat stress resistance under the influence of biological products in the context of sustainable development

Aim. *The use of biological products in winter wheat cultivation technologies significantly improves plant adaptability to stress factors and increases their productivity. The priority task is to find innovative approaches to growing the crop while reducing the use of synthetic substances. The aim of this work was to find out the peculiarities of the effect of biological products on the stress resistance of winter wheat plants, yield and grain quality in Polissia.* **Methods.** *Field studies were conducted in a short rotation crop rotation during 2023-2024 on sod-podzolic sandy loam soil in Polissia. The research methods used were field, laboratory, statistical and comparative-calculated.* **Results.** *Crops were examined to diagnose the state of wintering of winter wheat plants and determine their viability under the influence of biological products. The high viability of winter wheat plants under the influence of the organo-mineral fertilizer Bactolive Sid, WP and the endomycorrhizal inoculant Endospor DM, WP was established. It was found that the use of biological products Bactolive Seed, WP and Endospor DM, WP for seed treatment before sowing provides an increase in the adaptive properties of plants, winter wheat grain yield and quality.* **Conclusions.** *The expediency of using the endomycorrhizal inoculant Endospor DM, WP and the organic-mineral fertilizer Bactolive Seed, WP for seed treatment before sowing in organic technologies of winter wheat cultivation has been proved. This makes it possible to obtain a winter wheat grain yield of 5.26-5.39 t/ha with a gluten content of 23.7-24.2% and a grain weight of 754.7 and 755.2 g/l. The results of this study can contribute to the improvement of organic technologies for growing winter wheat and the development of sustainable agriculture in the Polissia region of Ukraine.*

Key words: *grain yield, organic technologies, adaptability, individual productivity, weight of 1000 seeds, grain nature, gluten.*

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Давидов Д.В., аспірант кафедри технологій в рослинництві, агрономічний факультет, Поліський національний університет, e-mail: denysdavydov55@gmail.com, ORCID: 0009-0002-4939-3119.

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

Davydov D.V., Graduate student of the Department of Technologies in Crop Production, Faculty of Agronomy, Polissia National University, e-mail: tat-niktim@ukr.net, ORCID: 0000-0001-8980-7334.

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

Надійшла 10.12.2024

Наукове видання

Землеробство та рослинництво: теорія і практика

науково-теоретичний журнал

Випуск 1 (15), 2025

Підписано до друку 13.03.2025.
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>

ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ СТАТЕЙ У ЖУРНАЛІ «ЗЕМЛЕРОБСТВО ТА РОСЛИННИЦТВО: ТЕОРІЯ І ПРАКТИКА»

1. Представлені для публікації статті мають бути оригінальними (раніше не опублікованими в інших виданнях), в яких висвітлено результати наукових досліджень зі статистичною обробкою даних, що мають теоретичне та/чи практичне значення, а також є актуальними, відповідати профілю журналу та мати новизну.

Статті оглядового характеру публікуються за авторства провідних українських та зарубіжних учених, відомих фахівців у своїй галузі, як правило, докторів наук.

Статті подаються українською та англійською мовою.

2. До розгляду приймаються наукові статті обсягом від 10 до 20 сторінок, включаючи анотації, таблиці, рисунки та бібліографічні списки. Якщо стаття містить вагомий науковий результат, за рішенням редакційної колегії її обсяг може бути збільшено.

Формат паперу – А4, орієнтація – книжкова, поля з усіх сторін – 20 мм, міжрядковий інтервал – 1,5, кегль шрифту – 14, гарнітура – Times New Roman, абзац – 1,25 см (не допускається створення абзацного відступу за допомогою клавіші Tab і знаків пропуску); текст вирівнюється по ширині. Обов'язковим є використання в тексті тире, а не дефіса між цифрами на означення кількісних меж від...до (напр., 3–5 га) або часового інтервалу (напр., 2010–2015 рр.).

3. Структура статті:

Тематична рубрика (напр., «Землеробство», «Меліорація», «Ґрунтознавство», «Агрохімія», «Сільськогосподарська мікробіологія», «Агроєкологія», «Рослинництво», «Кормовиробництво», «Луківництво», «Селекція», «Генетика», «Біотехнологія», «Насінництво»):

- індекс УДК (*вирівнювання відповідно до лівого краю*);
- назва статті українською мовою (*вирівнювання по центру, напівжирний шрифт, великі літери*);
- ініціали та прізвище авторів, місце роботи/навчання (із вказанням міста, країни). Якщо автори з різних установ, то після прізвищ та назв установ, у яких вони працюють/навчаються, слід проставити однаковий верхній цифровий індекс;
- анотація (українська мова, обсяг 200–250 слів, або 1800–2000 знаків з пробілами, курсив, а також містити мету, методи, результати, висновки) повинна бути інформативною і змістовною. Має відображати вихідні дані, методологію та результати проведення досліджень, висновки та сферу застосування результатів. Не допускається використання невизначених скорочень або не вказаних посилань;
- ключові слова (5–10 слів), жодне з яких не дублює слова з назви статті;
- текст статті із урахуванням необхідних елементів (пункт 4);
- література;
- references;
- анотація (не менше 2000 знаків) та ключові слова англійською мовою (прізвища й ініціали авторів та назва статті обов'язково мають бути перекладені);
- відомості про авторів українською, англійською мовами.

За достовірність поданої інформації та якість перекладу статті відповідають автори.