

Землеробство та рослинництво: теорія і практика

Випуск 4 (10)

Київ 2023

Наукове видання

Засновник — ННЦ «ІЗ НААН»

«Землеробство та рослинництво: теорія і практика»

науково-теоретичний журнал

Свідоцтво про державну реєстрацію – серія КВ № 24716-14656 ПР, 26.01.2021 р.

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 № 11 від 21 листопада 2023 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

БОЙКО П.І., BOIKO P.I., *Doctor of Agricultural Sciences, Prof.*
д. с.-г. н., проф.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Адреса редакції:

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

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

Зміст

ЗЕМЛЕРОБСТВО, МЕЛІОРАЦІЯ, ҐРУНТОЗНАВСТВО, АГРОХІМІЯ

- Дегодюк С.Е., Мулярчук А.О.
Вплив традиційних і новітніх видів добрив на агрофізичні показники сірого лісового ґрунту за вирощування пшениці озимої 5
- Демиденко О.В.
Статистичний аналіз довгострокових рядів динаміки урожайності зернових культур 14

СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКА МІКРОБІОЛОГІЯ, АГРОЕКОЛОГІЯ

- Малиновська І.М., Задубинна Є.В., Камінський В.Ф.
Чисельність та фізіологічна активність мікроорганізмів чорнозему типового за різних способів основного обробітку ґрунту 28
- Шкарівська Л.І., Давидюк Г.В., Клименко І.І., Довбаш Н.І., Кущук М.А., Гірник В.В.
Зміна властивостей темно-сірого опідзоленого ґрунту за різного агрохімічного навантаження 35
- Дем'янюк О.С., Матусевич Г.Д., Мазур С.О., Шацман Д.О., Бухтик С.С., Посунько А.О.
Пшениця, кукурудза та соняшник – основні культури українського експорту 41

РОСЛИННИЦТВО, КОРМОВИРОБНИЦТВО, ЛУКІВНИЦТВО

- Голодна А.В., Грицюк Я.В.
Висота прикріплення нижніх бобів у рослин сої за різного удобрення й оброблення насіння 51
- Юла В.М., Дрозд М.О.
Оптимізація системи удобрення та заходів догляду за посівами пшениці ярої в Правобережному Лісостепу 58
- Романюк П.В., Юла В.М., Єгупова Т.В., Шляхтурова С.П., Щербакова Ю.В.
Вирощування жита озимого в системі органічного землеробства в Правобережному Лісостепу України 66
- Повидало В.М., Терещенко О.М.
Технологія вирощування пшениці озимої за мінерального удобрення на схилі землях 78
- Поліщук С.В.
Заходи контролю шкідливих організмів у посівах сої в зоні Лісостепу 84

СЕЛЕКЦІЯ, ГЕНЕТИКА, БІОТЕХНОЛОГІЯ, НАСІННИЦТВО

- Голик Л.М., Штакал М.І., Левченко О.С., Симоненко Н.В., Шпакович І.В.
Особливості створення сортів пшениці озимої з використанням генофонду пшениці м'якої ярої 93
- Труш С.Г., Парфенюк О.О., Баланюк Л.О., Татарчук В.М.
Вплив базової продуктивності ліній багаторосткових запилювачів на продуктивний потенціал гібридів буряків цукрових на цитоплазматичній чоловічо-стерильній основі 104
- Рудас Л.А.
Комбінаційна здатність середньостиглих ліній помідора з підвищеним вмістом лікопену в плодах 112

Contents

AGRICULTURE, MELIORATION, SOIL SCIENCE, AGROCHEMISTRY

- Degodyuk S.E., Muliarchuk A.O.**
INFLUENCE OF TRADITIONAL AND MODERN TYPES OF FERTILIZERS ON THE AGROPHYSICAL INDICATORS OF GRAY FOREST SOIL FOR GROWING WINTER WHEAT 5
- Demydenko O.V.**
STUDY OF LONG-TERM ROWS OF GRAIN CROP YIELD DYNAMICS BY METHODS OF MODERN STATISTICAL ANALYSIS 14

AGRICULTURAL MICROBIOLOGY, AGROECOLOGY

- Malynovska I. M., Zadubynna Ye.V., Kaminskyi V.F.**
THE NUMBER AND PHYSIOLOGICAL ACTIVITY OF MICROORGANISMS OF THE CHERNOZEM TYPICAL UNDER DIFFERENT METHODS OF THE MAIN SOIL CULTIVATION 28
- Shkarivska L.I., Davydiuk H.V., Klymenko I.I., Dovbash N.I., Kushchuk M.A., Hirnyk V.V.**
CHANGES IN THE NATIVE PROPERTIES OF DARK GRAY PODZOLIZED SOIL UNDER DIFFERENT AGROCHEMICAL LOADS 35
- Demyanyuk O.S., Matusevich G.D., Mazur S.O., Shatsman D.O., Bukhtyk S.S., Posunko A.O.**
WHEAT, CORN, AND SUNFLOWER ARE THE PRIMARY CROPS OF UKRAINIAN EXPORTS 41

PLANT PRODUCTION, FEED PRODUCTION, GRASSLAND SCIENCE

- Holodna A.V., Hrytsiuk Y.V.**
FORMATION OF PLANT HEIGHT IN SOYBEANS AND ATTACHMENT OF LOWER PODS UNDER VARIOUS FERTILIZATION AND SEED TREATMENT OPTIONS 51
- Yula V.M., Drozd M.O.**
OPTIMIZATION OF THE SYSTEM OF FERTILIZER AND MEASURES OF SUPERVISION IS UPON SOWING OF WHEAT FURIOUS IN A NORTH TO FOREST-STEPPE 58
- P.V. Romanyuk, V.M. Yula, T.V. Egupova, S.P. Shlyakhturova, Y.V. Sherbakova**
CULTIVATION OF WINTER RYE IN THE SYSTEM OF ORGANIC FARMING IN THE RIGHT-BANK FOREST-STEPPE OF UKRAINE AND ITS PROSPECTS 66
- Povydale V.M., Tereshchenko O.M.**
TECHNOLOGY OF WINTER WHEAT GROWING WITH MINERAL FERTILIZER ON SLOPED AGROLANDSCAPES 78
- Polishchuk S.V.**
MEASURES TO CONTROL HARMFUL ORGANISMS IN SOYBEAN CROPS IN THE FOREST-STEP ZONE 84

PLANT BREEDING, GENETICS, BIOTECHNOLOGY, SEED PRODUCTION

- Holyk L. M., Shtakal M. I., Levchenko O. S., Symonenko N. V., Shpakovych I. V.**
THE IMPORTANCE OF CREATING LINES AND VARIETIES OF WINTER WHEAT FROM SPRING WHEAT BY THE METHOD OF THERMAL MUTAGENESIS 93
- Trush S.H., Parfenyuk O.O., Balanyuk L.O., Tatarchuk V.M.**
THE INFLUENCE OF THE BASIC PRODUCTIVITY OF MULTI-SPROUT POLLINATOR LINES ON THE PRODUCTIVE POTENTIAL OF SUGAR BEET HYBRIDS ON A CMS BASIS 104
- Rudas L.A.**
COMBINING ABILITY OF MEDIUM-RIPE TOMATO LINES WITH INCREASED LYCOPENE CONTENT IN FRUITS 112

ВПЛИВ ТРАДИЦІЙНИХ І НОВІТНІХ ВИДІВ ДОБРИВ НА АГРОФІЗИЧНІ ПОКАЗНИКИ СІРОГО ЛІСОВОГО ҐРУНТУ ЗА ВИРОЩУВАННЯ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ

С.Е. Дегодюк, А.О. Мулярчук

ННЦ «ІЗ НААН» (сmt Чабани, Україна)

Мета. Вивчення ефективності традиційних і новітніх систем удобрення, що включають у себе ресурсо- і екологоощадні технології, різні види нового покоління органо-мінеральних біоактивних добрив, з удобрювальними, меліоруючими, йонобмінними і сорбційними властивостями за позакореневого підживлення рослин макро- і хелатними мікроелементами, а також гуматом та визначити їх вплив на агрофізичні показники сірого лісового ґрунту за вирощування пшениці озимої. Дослідження проводили у тривалому досліді на сірому лісовому ґрунті відділу агрохімії ННЦ «ІЗ НААН» у 5-пільній польовій сівозміні. **Методи.** Польовий, лабораторно-аналітичний, статистичний. **Результати.** Проведено агрономічну оцінку різних традиційних і новітніх видів добрив на агрофізичні показники сірого лісового ґрунту залежно від абіотичних чинників (температура, кількість опадів). Встановлено, що найнижчий рівень твердості ґрунту за традиційних систем удобрення було досягнуто за мінеральної ($N_{150}P_{90}K_{150}$) системи удобрення, та за органо-мінеральної (12 т/га гною і $N_{100}P_{60}K_{100}$) 15,0 і 15,1, кг/см² відповідно. В органічному блоці найбільш позитивний ефект спостерігали за внесення компенсаційної дози азоту (N_{30}) сумісно з біодеструктором по фоні гумату 14,8 кг/см². Найнижчий вміст загальної вологи визначено на контролі (без добрив) – 30,3 мм/га. За мінеральної системи удобрення, по фоні хелатного розчину встановлено тенденцію до зменшення вмісту вологи залежно від рівня агрохімічного навантаження, так за внесення $N_{150}P_{90}K_{150}$, $N_{100}P_{60}K_{100}$ і $N_{50}P_{30}K_{50}$ показник сягав 37,0, 35,6 і 34,0 мм/га відповідно. Близький показник до рівня ($N_{150}P_{90}K_{150}$) визначено за органо-мінеральної (12 т/га + $N_{100}P_{60}K_{100}$) – 35,8 мм/га системи удобрення. В органічному блоці найнижчий рівень вологи був на контролі (солома) – 31,8 мм. Найбільший приріст до контролю в розмірі 2,7 і 3,7 мм/га за внесення органо-мінерального біоактивного добрива (ОМБД) марки органік у дозах 1 і 2 т/га по фоні соломи гороху і позакореневого підживлення гуматом. За традиційних систем удобрення найвищий рівень температури у фазі молочно-воскової стиглості був на контролі (без добрив) – 21,5 °С. Внесення гною у дозах 12 і 6 т/га сівозмінної площі привело до зниження температури порівняно з контролем лише на 0,2 і 0,4 °С, або 99 і 98 % відповідно. **Висновки.** Визначено тенденцію до підвищення вмісту загальної вологи, а також зниження твердості і температури в орному (0–20 см) шарі сірого лісового ґрунту залежно від різних систем удобрення і видів добрив.

Ключові слова: біодеструктор, волога, гній великої рогатої худоби, побічна продукція, мінеральні добрива, температура ґрунту.

Вступ. На сучасному етапі розвитку рослинництва дедалі більшого значення набуває питання впливу і регуляції агрофізичних показників ґрунту, залежно від абіотичних чинників, для отримання стабільних урожаїв.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Клімат ґрунту є першочерговим чинником, що здійснює безпосередній вплив на продуктивність сільськогоспо-

дарських культур та ріст на початкових стадіях, який у подальшому відіграє основну роль у формуванні врожайності рослин [8–10].

Основну роль у формуванні агрофізичних показників відіграють: атмосферний клімат, тип ґрунту, рослинний покрив, антропогенний вплив (вплив колісно-гусеничних рушійів), форма рельєфу і експозиція схилу [8].

Для елементів живлення, які транспортуються до коренів дифузно, слід очікувати значно більшої рухомості у теплому ґрунті. Саме тому для фосфору і калію, переважним шляхом транспорту до рослин є дифузія, яка часто виступає лімітувальним чинником на початку вегетації, коли ґрунт ще недостатньо прогрівся, а коренева система слабо розвинена, щоб засвоювати його з важкодоступних сполук. Тому стартові добрива, що містять фосфор і калій у легкодоступних формах, часто виявляються ефективнішими за технології прямого посіву та у недостатньо прогрітій ґрунт [2–4].

Твердість – властивість ґрунту у природному стані чинити опір стискуванню, або розклеюванню, яке тісно пов'язано з мінералогічним і гранулометричним складом і виражається у $\text{кг}/\text{см}^2$. За даними Н.А. Качинського високий рівень твердості ґрунту, особливо сухого, є значною перешкодою росту і розвитку кореневої системи рослин. Він одним із перших звернув увагу на залежність твердості ґрунту від запасів вологи у ньому і способу його обробітку. За результатами досліджень встановлено, що за зменшення вмісту вологи у ґрунті твердість значно зростає і негативно впливає на кореневу систему культурних рослин [6;7;9].

Визначено, що за твердості ґрунту до $14 \text{ кг}/\text{см}^2$ складаються сприятливі агрофізичні властивості ґрунту, за твердості від $14\text{--}21 \text{ кг}/\text{см}^2$ – задовільні, а за величини більше $21 \text{ кг}/\text{см}^2$ – ознака незадовільних умов для розвитку рослин [7; 8].

Твердість на ріллі, як і щільність складення, мінлива у часі та приблизно після 1-2 міс. після останньої обробки і за відсутності змін у зволоженні характеризується рівноважною величиною. Також твердість у шарах, які не обробляються майже не змінюється. Разом із тим, на твердість найбільше помітно впливає вологість [1;6].

Твердість безпосередньо пов'язана із складом увібраних основ. У чорноземів, насичених кальцієм, твердість менша в 10–15 разів (в однаковому інтервалі зволоження). Добре гумусовані ґрунти, насичені двовалентними основами, характеризуються меншою твердістю, ніж малогумусовані [7–9].

В умовах нестійкого зволоження найбільший негативний вплив на процес формування врожайності культур мають недостатня кількість опадів у період вегетації рослин та високі температури повітря і ґрунту [7].

Вода і повітря, будучи незамінними чинниками життя рослин, виступають у ґрунті як антагоністи, тому що займають один і той самий обсяг загальної пористості. Завдання сільгоспвиробника полягає в правильному регулюванні співвідношення води, повітря і ґрунтових пор. Для створення одиниці маси сухої речовини рослини витрачають 300–800 частин води. Тому в посушливих районах вода є основним чинником життя, що лімітують розвиток рослин [5; 7].

Накопичення і раціональне використання ґрунтової вологи найбільш актуальні за умов змін клімату, що характеризується підвищеною температурою повітря і нерівномірним характером опадів у степовій зоні з недостатнім і нестійким зволоженням, де сумарні втрати її на стік сягають від 100 до 0%, а непродуктивне випаровування становить половини річної норми опадів. При високому антропогенному навантаженні водний режим ґрунту може значно погіршуватися, тому досить важливим є нагромадження запасів вологи в нижній частині кореневмісного шару (100–150 см) звідки вона поступово переміщується у висхідному напрямку під дією певного градієнта [6; 10].

Матеріали та методи досліджень. Дослідження проводили у тривалому досліді відділу агрохімії ННЦ «ІЗ НААН» «Польовий дослід з вивчення впливу хімічних і біологічних засобів інтенсифікації у п'ятипільній польовій короткоротаційній сівозміні», культури: кукурудза на зерно, ячмінь ярий, гречка, горох, пшениця озима. Схема досліду включає 2 блоки: 1) органічної мінеральної, органо-мінеральної (традиційні системи удобрення) та блок біологізованих систем удобрення – відновлювана (з максимальним залученням до системи удобрення місцевих органічних ресурсів і мінімальних доз мінеральних добрив), органічна згідно з вимогами органічного землеробства по 11 варіантах. Спосіб розміщення варіантів систематичний. Повторення досліду 4-ри разове, площа посівної ділянки – 52 м^2 , облікової – 22 м^2 . Орний (0–20 см) шар сірого лісового ґрунту характеризувався такими агрохімічними показниками: $\text{pH}_{\text{KCl}} = 4,6$ потенціометрично (ДСТУ ISO10390:2001); гідролітична кислотність – $1,61 \text{ мг-екв}/100 \text{ г}$ за Каппеном (ДСТУ 7537:2014), вміст легкогідролізного азоту – $50,8 \text{ мг}/\text{кг}$ ґрунту, (за Корнфілдом ДСТУ 7863:2015); рухомого фосфору – $16,8 \text{ мг}/\text{кг}$ ґрунту, рухомого калію – $90,2 \text{ мг}/\text{кг}$ ґрунту за Чириковим (ДСТУ 4115:2002), вміст загального гумусу – $1,30 \%$ (ДСТУ 4289:2004), вміст

кальцію – 7,7 мг-екв./100 г, магнію – 0,5 мг-екв./100 (ДСТУ 7861:2015). У досліді висівали сорт пшениці озимої Краєвид. Застосовували мінеральні добрива: амофос і калій хлористий під оранку амонійну селітру, половинні норми, під сівбу і ранньовесняне підживлення. Гній великої рогатої худоби вносили у дозі 60 т на 1 га під кукурудзу на зерно в середньому 12 т/га сівозмінної площі. У досліді вивчали ефективність органо-мінерального біоактивного добрива (ОМБД), виготовленого на основі гною великої рогатої худоби і твердої фракції відходів свинокмплексів, мінеральних компонентів (сорбентів, іонообмінників, меліорантів) та агрономічно цінного комплексу мікроорганізмів із співвідношенням $N_4P_4K_4$ (по 40 кг д.р. в 1 т). Також застосовували ОМБД марки органік, дозволеного для застосування в органічному землеробстві. Позакореневе підживлення хелатними мікродобривами і гуматами проводили у фази: виходу в трубку і колосіння. Хелатне добриво мало такий склад: (г/л): N – 60, P_2O_5 – 160, K_2O – 60, SO_3 – 5,2, B – 0,5, Cu (EDTA) – 0,5, Fe (EDTA) – 1, Mn (EDTA) – 0,5, Zn (EDTA) – 1,0, Mo (EDTA) – 0,05. Гумат містив (г/л): K_2O –40; гумінові кислоти – 180, фульвокислоти – 60. Солому попередника обробляли після збирання біодеструктором. Облік урожаю та показники його структури проводили згідно з «Методикою державного сортовипробування сільськогосподарських культур», 2001 р Для визначення показника твердості використовували прилад «ЛАН–М». Загальну вологість в орному шарі визначали за допомогою вологоміра «МГ–44». Температурний режим досліджували ґрунтовим термометром електронним «ТЦ–3У». Повторність чотириразова. Для проведення вище зазначених досліджень використовували загальноприйняті методики. Дисперсійний аналіз експериментальних даних проводили з використанням програми EXSEL 2010.

Результати та їх обговорення. За традиційних систем удобрення найвищий показник твердості визначено за мінеральної ($N_{50}P_{30}K_{50}$) системи удобрення – 19,1 кг/см², з перевищенням на 0,9 кг/см², або 105% до контролю (без добрив). У той самий час за збільшення доз мінеральних добрив до рівня $N_{100}P_{60}K_{100}$ і $N_{150}P_{90}K_{150}$ по фону позакореневого підживлення хелатними мікродобривами показник твердості мав тенденцію до зниження і наближався до оптимальних значень 16,1 і 15,0 кг/см², або 89 і 82% до контролю відповідно. За органічної системи

удобрення з внесенням 6 і 12 т/га сівозмінної площі гною великої рогатої худоби, рівень твердості майже не відрізнявся між собою, що пов'язано з віддаленістю дії гною у часі (4 роки) 14,4 і 14,6 кг/см², або 79 і 80% порівняно з контролем, що свідчить про позитивну дію органічних добрив на одну з основних агрофізичних властивостей ґрунту.

За сумісного застосування NPK і гною було відмічено зростання показника твердості ґрунту порівняно з органічною системою. Так за внесення $N_{50}P_{30}K_{50}$ і $N_{100}P_{60}K_{100}$ по фону 12 т/га гною і хелатів, він сягав 15,5 і 15,1 кг/см², або 85 і 83% порівняно з варіантом – без добрив.

Система удобрення, що включала в себе застосування ОМБД марки 4-4-4 у дозах 1 т/га і 0,5 т/га + N_{40} поступалася іншим системам удобрення і становила 16,4 і 16,8 кг/см² зі зниженням до контролю на 10–12% відповідно (табл.1).

У біологізованому блоці за систематичного застосування органічних добрив, а також побічної продукції у вигляді соломи гороху (3т/га) впродовж двох ротаций 5-пільної сівозміни під пшеницею озимою найвищий показник твердості ґрунту визначено за внесення ОМБД марки органік у дозі 1 т/га (16,3 кг/см²), що відповідає градації задовільної величини у ґрунтах в обробітку (табл. 2).

За сумісного внесення гною великої рогатої худоби у дозі 6 т/га сівозмінної площі і біодеструктора і виключно самого біодеструктора по фону соломи гороху та позакореневого підживлення гуматом отримано рівнозначний показник, який сягав – 15,6 кг/см². Найнижчого рівня твердості досягнуто за сумісного застосування компенсаційної дози азоту (N_{30}) і побічної продукції попередника – 14,0 кг/см², або 88% до контролю (солома).

Визначення вологості ґрунту під пшеницею озимою у фазі молочної стиглості проведено в інтервалі 5 см до глибини 20 см. Найменший вміст продуктивної вологи встановлено на контролі: (без добрив) – 30,3 мм/га. За органо-мінеральної системи удобрення гній великої рогатої худоби 12 т/га + $N_{50}P_{30}K_{50}$ було отримано приріст у 3,7 мм/га, або 12% порівняно з контролем. Підвищення дози добрив удвічі до $N_{100}P_{60}K_{100}$ мало тенденцію до збільшення рівня загальної вологи до 35,8 мм, або на 18 %, що свідчить про позитивну дію сумісного застосування гною і мінеральних добрив у підвищених дозах.

За органічної системи удобрення з застосуванням гною великої рогатої худоби у дозах 12 і 6 т/га

Таблиця 1. Твердість орного шару (0–20 см) сірого лісового ґрунту за вирощування пшениці озимої (перед збиранням культури) за традиційних систем удобрення (середнє за 2021–2023 рр.)

Удобрення	Кг/см ²	± до контролю	
		Кг/см ²	%
1	2	3	4
Контроль (без добрив)	18,2	–	100
Гній ВРХ 12 т/га + N ₅₀ P ₃₀ K ₅₀ *	15,5	–2,7	85
Гній ВРХ 12 т/га + N ₁₀₀ P ₆₀ K ₁₀₀ *	15,1	–3,1	83
Гній ВРХ 12 т/га*	14,6	–3,6	80
Гній ВРХ 6 т/га*	14,4	–3,8	79
N ₅₀ P ₃₀ K ₅₀ *	19,1	0,9	105
N ₁₀₀ P ₆₀ K ₁₀₀ *	16,1	–2,1	89
N ₁₅₀ P ₉₀ K ₁₅₀ *	15,0	–3,2	82
ОМБД 4–4–4 1 т/га*	16,4	–1,8	90
ОМБД 4–4–4 0,5 т/га + N ₄₀ *	16,8	–1,4	92
\bar{X}	16,1		
S \bar{x}	0,5		
V%	9,6		
S	1,6		
S \bar{x} , %	3,0		

Примітка. * – хелатне добриво 2 л/га.

по фоні позакореневого підживлення хелатами вміст загальної вологи сягав 33,1 і 32,4 мм/га відповідно, що поступається приростам до контролю порівняно з органо-мінеральною на 5–7% (табл. 3).

Чітка тенденція до збільшення значення вологості простежувалася за мінеральної системи удобрення так за (N₅₀P₃₀K₅₀) вона становила 34,0 мм/га, за подвоєння до рівня N₁₀₀P₆₀K₁₀₀ – 35,6 мм/га, а за внесення потрібної N₁₅₀P₉₀K₁₅₀ – 37,0 мм/га, з приростом до контролю – 12, 18 і 22%. Отже, можна стверджувати, що за поліпшення мінерального живлення рослини ошадливіше витрачають воду (табл. 3).

За застосування ОМБД марки 4-4-4 в дозі 0,5 т/га + N₄₀ мало вищі показники вологозабезпечення порівняно з дозою в 1 т/га 34,7 і 33,8 мм/га відповідно.

За органічної системи удобрення найнижчий вміст вологи в шарі 0–20 см на контролі (солома) – 31,5 мм/га. Поступове підвищення вмісту вологи визначалося за внесення гною великої рогатої худоби

Таблиця 2. Твердість орного шару (0–20 см) сірого лісового ґрунту за вирощування пшениці озимої (після збирання культури) за біологізованих систем удобрення (середнє за 2021–2023 рр.)

Удобрення	Кг/см ²	± до контролю	
		Кг/см ²	%
Солома 3 т/га (контроль)	15,9	–	100
Гній ВРХ 12 т/га + біодеструктор*	15,2	–0,7	96
Гній ВРХ 6 т/га + біодеструктор*	15,6	–0,3	98
N ₃₀ *	14,0	–1,9	88
Біодеструктор + N ₃₀	14,8	–1,1	93
Біодеструктор*	15,6	–0,3	98
ОМБД органік 1 т/га*	16,3	0,4	103
ОМБД органік 2 т/га*	15,4	–0,5	97
\bar{X}	15,4		
S \bar{x}	0,2		
V%	4,6		
S	0,71		
S \bar{x} , %	1,62		

Примітка. * – післядія 4-го року гною ВРХ + гуматне добриво + пп.

у дозах 12 і 6 т/га по фоні побічної продукції і біодеструктора до рівня 33,5 і 34,3 мм/га з приростом в 6% на обох варіантах відповідно. Найвищий вміст загальної вологи порівняно з контролем визначено за відновлюваної системи удобрення з внесенням ОМБД у дозах 1 і 2 т/га по фоні соломи і гумату сягала 34,3 і 35,2 мм/га, що перевищувало контроль на 9 і 12% відповідно. Отже, у майбутніх технологіях органічного землеробства застосування ОМБД буде пріоритетним у поліпшенні водного режиму за вирощування пшениці озимої, адже їх значення наближаються до показників за органо-мінеральної системи удобрення (табл. 4).

Температура ґрунту на час молочної стиглості пшениці озимої на глибині орного шару була найвищою на контролі без добрив – +21,5 °С. За органічної системи удобрення з внесення гною великої рогатої худоби у дозах 12 т/га фіксувалося зниження температури на 0,4 °С, за зменшення дози внесеного гною до 6 т/га відбулося зниження температури лише на 0,2 °С до 21,3 °С, або 99 % до контролю.

Таблиця 3. Вміст загальної вологи в шарі (0–20 см) під пшеницею озимою за традиційних систем удобрення у фазі молочної стиглості (середнє за 2021–2023 рр.)

Удобрєння	5 см	10 см	15 см	20 см	Середнє, 0–20 см		Прирїст до контролю,	
					%	мм	мм	%
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Контроль (без добрив)	10,5	12,6	14,1	15,4	13,2	30,3	-	-
Гній ВРХ 12 т/га+ N ₅₀ P ₃₀ K ₅₀ *	13,2	14,3	15,2	16,5	14,8	34,0	3,7	12
Гній ВРХ 12 т/га+ N ₁₀₀ P ₆₀ K ₁₀₀ *	13,4	15,2	15,7	17,9	15,6	35,8	5,5	18
Гній ВРХ 12 т/га*	12,0	14,2	15,1	16,1	14,4	33,1	3,2	10
Гній ВРХ 6 т/га*	11,5	14,0	15,1	15,7	14,1	32,4	2,1	7
N ₅₀ P ₃₀ K ₅₀ *	12,0	14,5	15,2	17,5	14,8	34,0	3,7	12
N ₁₀₀ P ₆₀ K ₁₀₀ *	12,8	14,9	16,0	18,2	15,5	35,6	5,3	18
N ₁₅₀ P ₉₀ K ₁₅₀ *	13,3	15,6	17,0	18,5	16,1	37,0	6,7	22
ОМБД 4-4-4 1 т/га*	11,9	14,6	15,6	16,8	14,7	33,8	3,5	12
ОМБД 4-4-4 0,5 т/га+N ₄₀ *	12,5	14,5	15,7	17,6	15,1	34,7	4,4	15
\bar{X}	12,3	14,4	15,5	17,0	14,8	34,1		
$S_{\bar{X}}$	0,3	0,3	0,2	0,3	0,3	0,6		
$V\%$	7,4	5,6	4,8	6,3	5,6	5,6		
l	2	3	4	5	6	7	8	9
S	0,9	0,8	0,7	1,1	0,8	1,9		
$S_{\bar{X}}, \%$	2,3	1,8	1,5	2,0	1,8	1,8		

Примітка. * – хелатне добриво 2 л/га.

Таблиця 4. Вміст загальної вологи в шарі (0–20 см) під пшеницею озимою за біологізованих систем удобрення у фазі молочної стиглості (середнє за 2021–2023 рр.)

Удобрєння	5 см	10 см	15 см	20 см	Середнє 0–20 см		Прирїст до контролю	
					%	мм	мм	%
Солома 3 т/га (контроль)	10,7	13,2	14,5	16,2	13,7	31,5	–	–
Гній ВРХ 12 т/га+біодеструктор*	11,7	14,2	15,2	17,3	14,6	33,5	2,0	6
Гній ВРХ 6 т/га+біодеструктор*	11,8	14,4	15,0	17,0	14,5	33,4	1,9	6
N ₃₀ *	11,6	13,8	14,8	17,4	14,4	32,6	1,1	3
Біодеструктор+N ₃₀	11,8	14,1	15,7	17,3	14,7	33,8	2,3	7
Біодеструктор*	11,4	14,2	15,0	16,6	14,3	32,9	1,4	4
ОМБД органік 1 т/га*	12,4	14,7	15,5	17,1	14,9	34,3	2,7	9
ОМБД органік 2 т/га*	12,5	14,9	16,2	17,6	15,3	35,2	3,7	12
\bar{X}	11,7	14,2	15,2	17,1	14,6	33,4		
$S_{\bar{X}}$	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,4		
$V\%$	4,8	3,7	3,6	2,7	3,2	3,3		
S	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	1,1		
$S_{\bar{X}}, \%$	1,7	1,3	1,3	1,0	1,1	1,2		

Примітка. * – післядія 4-го року гною ВРХ+гуматне добриво+пш.

Таблиця 5. Температура орного шару (0–20 см) сірого лісового ґрунту у фазі молочної стиглості за вирощування пшениці озимої за традиційних систем удобрення (середнє за 2021–2023 рр.)

Удобрєння	Температура °С				± до контролю,	
					°С	%
	0 см	10 см	20 см	Середнє		
Контроль (без добрив)	23,0	21,2	20,3	21,5	–	100
Гній ВРХ 12 т/га + N ₅₀ P ₃₀ K ₅₀ *	22,0	20,2	19,1	20,4	–1,1	95
Гній ВРХ 12 т/га + N ₁₀₀ P ₆₀ K ₁₀₀ *	21,7	20,0	18,9	20,2	–1,3	94
Гній ВРХ 12 т/га*	22,6	20,8	20,0	21,1	–0,4	98
Гній ВРХ 6 т/га*	22,8	21,0	20,2	21,3	–0,2	99
N ₅₀ P ₃₀ K ₅₀ *	22,4	20,5	19,4	20,8	–0,7	97
N ₁₀₀ P ₆₀ K ₁₀₀ *	21,9	20,1	19,1	20,4	–1,1	95
N ₁₅₀ P ₉₀ K ₁₅₀ *	21,5	19,8	18,8	20,0	–1,5	93
ОМБД 4–4–4 1 т/га*	22,7	20,8	19,9	21,1	–0,4	98
ОМБД 4–4–4 0,5 т/га + N ₄₀ *	22,2	20,6	19,6	20,8	–0,7	97
\bar{X}	22,3	20,5	19,5	20,8		
$S_{\bar{X}}$	0,2	0,1	0,2	0,2		
V%	2,2	2,3	2,8	2,4		
S	0,5	0,5	0,5	0,5		
$S_{\bar{X}}$, %	0,7	0,7	0,9	0,8		

Примітка. * – хелатне добриво 2 л/га.

Таблиця 6. Температура орного шару (0–20 см) сірого лісового ґрунту у фазі молочної стиглості за вирощування пшениці озимої за біологізованих систем удобрення (середнє за 2021–2023 рр.)

Удобрєння	Температура °С				до контролю °С	до контролю, %
	0 см	10 см	20 см	Середнє		
1	2	3	4	5	6	7
Солома 3 т/га (контроль)	22,4	21,3	20,2	21,3	–	100
1	2	3	4	5	6	7
Гній ВРХ 12 т/га + біодеструктор*	21,8	20,9	19,7	20,8	–0,5	97
Гній ВРХ 6 т/га + біодеструктор*	21,8	21,0	19,7	20,8	–0,5	97
N ₃₀ *	22,1	21,3	20,0	21,1	–0,2	98
Біодеструктор + N ₃₀	22,2	21,4	19,8	21,1	–0,2	98
Біодеструктор*	22,1	21,2	19,7	21,0	–0,3	98
ОМБД органік 1 т/га*	22,3	21,3	20,1	21,2	–0,1	99
ОМБД органік 2 т/га*	22,0	21,1	20,1	21,1	–0,2	98
\bar{X}	22,1	21,2	19,9	21,1		
$S_{\bar{X}}$	0,1	0,1	0,1	0,1		
V%	1,0	0,8	1,1	0,8		
S	0,2	0,2	0,2	0,2		
$S_{\bar{X}}$, %	0,3	0,3	0,4	0,3		

Примітка. * – післядія 4-го року гною ВРХ + гуматне добриво + пп.

За прямої дії мінеральних добрив в дозах $N_{50}P_{30}K_{50}$, $N_{100}P_{60}K_{100}$ і $N_{150}P_{90}K_{150}$ температура орного шару ґрунту була на 0,7–1,5 °С нижчою рівня контролю без добрив, що пов'язано із більшим затіненням ґрунту за рахунок великої вегетативної маси, розвиненими рослинами. Застосування ОМБД марки 4-4-4 за ефективністю було аналогічне внесенню гною у дозі 12 т/га. Поєднання ОМБД 4-4-4 і N_{40} дало змогу отримати показник на рівні 20,8 °С, або 97% до контролю (табл. 5).

За органічної системи удобрення температура ґрунту у фазі молочної стиглості пшениці озимої на глибині орного шару (0–20 см) була найвищою на контролі (солома) – 21,3 °С. За внесення гною великої рогатої худоби у дозах 12 і 6 т/га по фоні з біодеструктором температура мала найнижчі показники на обох варіантах і була однаковою та становила 20,8 °С, із зниженням на 0,5 °С, або 97% до контролю (солома).

За внесення ОМБД марки органік у дозах 1 і 2 т/га по фоні соломи і гуматів показник температури був близький до контролю і сягав 21,2 і 21,1 °С, або 99 і 98% до варіанта солома. За внесення компенсаційної дози азоту (N_{30}) разом із біодеструктором так і без нього по фоні побічної продукції температура орного шару ґрунту і становили 21,1 °С, або 99% відповідно. Що свідчить про не значний вплив на диференціацію показників температури орного шару ґрунту 0–20 см за органічної і відновлюваної систем удобрення на затінення рослинами ґрунту через дефіцит поживних речовин (табл. 6).

Висновки

Проведено дослідження в 5-пільній короткоротаційній сівозміні з впливу різних систем удобрення

і видів добрив на агрофізичні показники орного шару 0–20 см за вирощування пшениці озимої.

Встановлено чітку тенденцію щодо зниження твердості ґрунту від 19,1 до 15,0 кг/см² за мінеральної системи удобрення у міру зростання доз мінеральних добрив від $N_{50}P_{30}K_{50}$ до $N_{150}P_{90}K_{150}$, що становить 105 і 82% порівняно з контролем без добрив 18,2 кг/см². Застосування органічних добрив 6 і 12 т/га великої рогатої худоби на 1 га ріллі по фоні NPK позитивно вплинуло на показник твердості із зниженням до 20% порівняно з контролем. Найбільш сприятливі агрофізичні умови для сірого лісового ґрунту визначено за органічної системи, де рівень твердості сягав становив 14,4 і 14,6 кг/см², або 79–80% порівняно з контролем без добрив.

Визначено рівнозначність як органо-мінеральної, так і мінеральної системи удобрення у накопиченні продуктивної вологи орного шару ґрунту (0–20 см) в межах 34,0–37,0 мм/га із перевищенням контролю на 12–22%. Встановлено перспективність застосування ОМБД органік у дозах 1 і 2 т/га, де вміст продуктивної вологи досягав 34,3 і 35,2 мм/га, що відповідає показниками помірної органо-мінеральної системи удобрення (12 т/га гною великої рогатої худоби + $N_{50}P_{30}K_{50}$).

Встановлено, що температура сірого лісового ґрунту під посівом пшениці озимої залежить від рівня агрохімічного навантаження. За зростання доз мінеральних добрив, як по фоні гною великої рогатої худоби так і без нього, відбувається зниження температури від 0,4 до 1,5 °С за значень на контролі – 21,5 °С, що зменшує процеси транспірації вологи та позитивно впливає на формування сталих урожаїв пшениці озимої.

ЛІТЕРАТУРА

1. Основи наукових досліджень в агрономії : підруч. / Єщенко В.О., Копитко П.Г., Костогриз П.В., Опришко В.П.; за ред. В.О. Єщенка. Вінниця : ПП «ТД «Едельвейс І К»», 2014. 332 с.
2. Господаренко Г.М. Удобрення сільськогосподарських культур. Київ: Вища освіта, 2010. 358 с
3. Дегодюк Е.Г. Агрохімічна наука в контексті соціальних і кліматичних викликів: *Агрохімія і ґрунтознавство*. спец. вип. до VIII з'їзду УТГАСГ 9 липня 2010 р. м. Житомир, 2010. С. 149–190.
4. Сучасні системи землеробства і технології вирощування сільськогосподарських культур/ Дегодюк Е.Г., Дегодюк С.Е., Гуральчук С. Літвінова О.А. Київ: ВП «Едельвейс», 2012. 196 с.
5. Цвей Я.П. Родючість ґрунту і продуктивність сівозмін: моногр. Київ: Центр інформаційних технологій, 2014. 413с.
6. Медведєв В.В. Твердость почв. Харьков : Изд-во КП «Городская типография», 2009. 152 с.
7. Булигін, С.Ю., Вітвіцький, С.В. Фізика ґрунту: підруч. Київ, 2021. 472 с.
8. Веріго С.А., Разумова Л.А. Почвенная влага. Гидрометеоздат, 1973. 328 с.
9. Медведєв В.В. Структура ґрунту як екологічний чинник. *Вісник ХНАУ ім. В.В.Докучаєва*. 2009. №3. С.14–20.
10. Тихоненко, Д.Г., Дегтярьов В.В., Величко В.А. Фізичні основи родючості ґрунтів. *Вісник аграрної науки*. 2012. 11. С.6–9.

11. Грунтознавство з основами геології: навч. посіб. / О.Ф. Гнатенко, М.В. Капштик, Л.Р. Петренко, С.В. Вітвицький. Київ: Оранта, 2005. 648с.
12. Сайко В.Ф. Наукові основи землеробства в контексті змін клімату. *Вісник аграрної науки*. 2008. 11. С. 5–10.
13. Investigating soil moisture–climate interactions in a changing climate Seneviratne, S.I., Corti, T., Davin, E.L., Hirschi, M., Jaeger, E.B., Lehner, I., ... & Teuling, A.J. A review. *Earth-Science Reviews*. 99(3-4). P. 125–161.

REFERENCES

1. Osnovy naukovykh doslidzhen' v ahronomiyi : pidruch. V.O. Yeschenko, P.G. Kopytko, P.V. Kostogryz, V.P. Opryshko (2014). Under the editorship V.O. Yeshchenko. Vinnytsia: PE «TD «Edelweiss IK», [in Ukrainian].
2. Gospodarenko H.M. (2010). Fertilizers of agricultural crops. K.: Higher education [in Ukrainian].
3. Degodyuk E.H. (2010). Agrochemical science in the context of social and climate challenges. *Agrochemistry and soil science*. Special issue to the 8th Congress of UTGASG , July 9, 2010. Zhytomyr. P. 149–190 [in Ukrainian].
4. Modern systems of farming and technologies for growing agricultural crops (2012) .Degodyuk E.G., Degodyuk S.E., Guralchuk S. Litvinova O.A. Kyiv: VP «Edelweiss» [in Ukrainian].
5. Tsvei Y.P. (2014). Soil fertility and productivity of crop rotation: monograph. K.: Center of Information Technologies [in Ukrainian].
6. Medvedev V.V. (2009). Hardness of soils. Kharkiv: Publishing House of the KP «Horodskaya tipografiya». P.152 [in Russian].
7. Bulygin, S.Yu., Vitvitskyi, S.V. (2021). Soil physics: textbook. Kyiv [in Ukrainian].
8. Verygo S.A., Razumova L.A. (1973). Soil moisture. Hydrometeoizdat. 328 p. [in Russian].
9. Medvedev V.V. (2009). Soil structure as an ecological factor. *Visnyk KHNAU named after V.V. Dokuchaev*, 3, 14–20 [in Ukrainian].
10. Tikhonenko, D.G., Degtyarev V.V., and Velichko V.A. (2012). Physical basis of soil fertility. *Bulletin of Agrarian Science*, 11, 6–9 [in Ukrainian]
11. Soil science with the basics of geology (2005)/ O.F. Hnatenko, M.V. Kapshtyk, L.R. Petrenko, S.V. Vitvytskyi. K.: Oranta. 648 p. [in Ukrainian].
12. Saiko, V.F. (2008). Scientific foundations of agriculture in the context of climate change. *Bulletin of Agrarian Science*, 11, 5–10 [in Ukrainian].
13. Seneviratne, S.I., Corti, T., Davin, E.L., Hirschi, M., Jaeger, E.B., Lehner, I., ... & Teuling, A.J. (2010). Investigating soil moisture–climate interactions in a changing climate: A review. *Earth-Science Reviews*, 99(3-4), 125–161 [in English].

Degodyuk S.E., Muliarchuk A.O.

Influence of traditional and modern types of fertilizers on the agrophysical indicators of gray forest soil for growing winter wheat

Aim. Studying the effectiveness of traditional and modern fertilization systems, which include resource-saving and environmentally friendly technologies, various types of a new generation of organo-mineral bioactive fertilizers, with fertilizing, ameliorating, ion-exchange and sorption properties for foliar feeding of plants with macro- and chelated microelements, as well as humate and to determine their influence on the agrophysical parameters of gray forest soil for the cultivation of winter wheat. The research was carried out in a long-term experiment on gray forest soil of the Department of Agrochemistry of the NSC «IZ NAAS» in a 5-field field rotation. **Methods.** Field, laboratory-analytical, statistical. **Results.** An agronomic assessment of various traditional and modern types of fertilizers was carried out on agrophysical indicators of gray forest soil depending on abiotic factors (temperature, amount of precipitation). It was established that the lowest level of soil hardness under traditional fertilization systems was achieved under the mineral ($N_{150}P_{90}K_{150}$) fertilization system, and under the organo-mineral (12 t/ha manure and $N_{100}P_{60}K_{100}$) 15.0 and 15.1, kg/cm², respectively. In the organic block, the most positive effect was observed with the introduction of a compensatory dose of nitrogen (N_{30}) in combination with the humate background humate biodestroyer of 14.8 kg/cm². The lowest content of total moisture was determined in the control (without fertilizers) – 30.3 mm/ha. With the mineral fertilizer system, against the background of the chelate solution, a tendency to decrease the moisture content was established depending on the level of agrochemical load, so when applying $N_{150}P_{90}K_{150}$, $N_{100}P_{60}K_{100}$ and $N_{50}P_{30}K_{50}$, the indicator was 37.0, 35.6 and 34.0 mm/ha, respectively. An indicator close to the level

(N₁₅₀ P₉₀ K₁₅₀) was determined for the organic-mineral (12 t/ha + N₁₀₀ P₆₀ K₁₀₀) – 35.8 mm/ha fertilizer system. In the organic block, the lowest moisture level was in the control (straw) – 31.8 mm. The largest increase compared to the control in the amount of 2.7 and 3.7 mm/ha for the introduction of organic-mineral bioactive fertilizer (OMBD) of the organic brand in doses of 1 and 2 t/ha against the background of pea straw and foliar fertilizing with humate. Under traditional fertilization systems, the highest temperature level in the phase of milk-wax maturity was in the control (without fertilizers) – 21.5 °C. Application of manure in doses of 12 and 6 t/ha of the crop rotation area led to a decrease in temperature compared to the control by only 0.2 and 0.4 °C, or 99 and 98%, respectively. **Conclusions.** A tendency to an increase in total moisture content, as well as a decrease in hardness and temperature in the arable (0-20 cm) layer of gray forest soil, depending on different fertilization systems and types of fertilizers, was determined.

Key words: biodestructor, moisture, cattle manure, by-products, mineral fertilizers, soil temperature.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Дегодюк С.Е., доктор с.-г. наук, завідувач відділу агрохімії, ННЦ «Інститут землеробства НААН», e-mail: s.degodyuk@ukr.net, тел. 050-334-08-19, ORCID 0000-0003-2293-6654.

Мулярчук А.О., аспірант, відділ агрохімії, ННЦ «Інститут землеробства НААН», e-mail: mulyar1495@gmail.com, тел. 050-850-70-93, ORCID: 0009-0004-5947-1111.

Degodyuk S.E., Doctor of Agricultural Sciences, Head of the Department of Agrochemistry, the National Research Center «Institute of Agriculture of the National Academy of Sciences», e-mail: s.degodyuk@ukr.net, ph. 050-334-08-19, ORCID: 0000-0003-2293-6654.

Muliarchuk A.O., graduate student, Department of Agrochemistry, NSC «Institute of Agriculture, National Academy of Sciences», e-mail: mulyar1495@gmail.com, ph. 050-850-70-93, ORCID: 0009-0004-5947-1111.

Надійшла 06.10.2023

СТАТИСТИЧНИЙ АНАЛІЗ ДОВГОСТРОКОВИХ РЯДІВ ДИНАМІКИ УРОЖАЙНОСТІ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР

О.В. Демиденко

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

Мета. Провести аналіз рядів динаміки зернових культур за різного типу сівозмін, обробітку ґрунту та удобрення в довгостроковому стаціонарному досліді. **Методи.** Статистичного аналізу (непараметрична статистика, метод ARIMA, сингулярно-спектральний та фрактальний аналіз) в умовах центральної частини Лівобережного Лісостепу. **Результати.** Аналіз динаміки врожайності зернових культур залежно від типу сівозміни, обробітку ґрунту та удобрення показав зростаючі тренди продуктивності у часі. Кількісна оцінка варіативності багаторічних даних зернових культур за 46 та 24 роки свідчить про адаптивність зернових культур у часі до наростаючих кліматичних змін: коефіцієнт варіації $\text{Coef.V.}=22,2\text{--}23,4\%$ (контроль без добрив) та $21,0\text{--}24,0\%$ (внесення подвійної дози добрив) у сівозміні з горохом та $\text{Coef.V.}=18,8\text{--}21,9\%$ та $\text{Coef.V.}=20,9\text{--}24,4\%$ відповідно у сівозміні з травами. За 46 років досліджень виявилось, що урожайність зернових культур у сівозміні з горохом, як без внесення добрив, так і з добривами, була вищою на $0,98\text{--}1,12$ т/га порівняно з сівозміною з травами, що забезпечувалось насиченням сівозміни з горохом кукурудзою до 40%. За період 24 роки зростання врожайності зернових культур в сівозміні з горохом відбувалося більш стрімко порівняно з сівозміною з травами за рахунок зростання урожайності кукурудзи, тоді як у сівозміні з травами врожайність ячменю ярого наближалась до спадного тренду, що знижувало урожайність зернових загалом. **Висновки.** У період досліджень 24 роки в сівозміні з горохом більш ефективними були обробітки, як-от оранка та безпліцевий обробіток, тоді як у сівозміні з травами перевагу мав поверхневий обробіток. За період повного циклу досліджень (46 років) у сівозміні з горохом найбільш ефективними були оранка та поверхневий обробіток, тоді як у сівозміні з травами перевага була за оранкою і безпліцевим обробітком. Вплив технологічних чинників, які визначали урожайність зернових культур становили послідовність: тип сівозміни > удобрення > обробіток ґрунту.

Ключові слова: урожайність, зернові культури, сингулярно-спектральний аналіз, передіограма, автокореляційна функція, оранка, безпліцевий обробіток, поверхневий обробіток, добрива.

Постановка проблеми. Динаміка врожайності сільськогосподарських культур в умовах лісостепової зони визначається як результат сукупної дії агро-екологічних та агротехнологічних чинників [1]. Серед агро-екологічних чинників важливе значення мають глобальні зміни клімату. Це зумовлює необхідність адаптації зернового господарства України до таких змін шляхом розробки нових наукових підходів та агро-еколого-економічного обґрунтування технологій вирощування зернових культур, які користуються попитом на внутрішньому та світовому ринках [2–3]. Формування врожайності зернових культур у довгострокових стаціонарних дослідях із

різним типом сівозмін, способом обробітку ґрунту і удобрення значною мірою залежить від природних чинників, і, зокрема, погодно-кліматичних умов тому, що вони у різних співвідношеннях є природною основою формування врожайності. У накопиченні біомаси і формуванні врожаю зернових культур беруть активну участь усі складові життєдіяльності системи «ґрунт–рослина–повітря» і, зокрема, гідрометеорологічні чинники. За розв'язання цих питань необхідно мати об'єктивну оцінку впливу різних чинників на рівень урожайності зерна, у тому числі і погодно-кліматичних, що дозволить обґрунтовано визначити внесок показників агро-метеорологічних умов за

різного типу сівозмін, удобрення та обробітку ґрунту в оцінці рівнів врожайності зернових культур [4].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Агротехнологічні чинники є функцією агроекономічних. Встановлено пряму залежність урожайності зернових культур у сівозмінах різного типу від своєчасного і ефективного проведення будь-якого агротехнологічного прийому. Всі прийоми важливі, сімба в кращі агрономічні строки. Далі сортовий і насінневий чинник, тип сівозміни, норми внесення мінеральних і органічних добрив, способи обробітку в сівозмінах, захист рослин від бур'янів, хвороб і шкідників, забезпечення технічними засобами тощо. Всі ланки технологічного ланцюга мають бути тісно взаємопов'язані [5]. Основними напрямками підвищення адаптованості виробництва зернових культур у сучасних умовах є: розміщення посівів сільськогосподарських культур у сприятливих ґрунтово-кліматичних умовах, створення адаптованих сортів і гібридів до природних умов України, переведення зернової галузі на постіндустріальні моделі розвитку, забезпечення сировинної бази для розвитку біоенергетики, створення кормової бази для тваринництва, розвиток органічного виробництва, структуризація зернового ринку [6–8].

Загальний рівень урожайності зернових культур та ступінь варіювання цього показника залежить від агроекономічних (у широкому розумінні цього поняття) та агроекологічних чинників [2], вплив яких підкоряється принципу лімітувального чинника: визначальним є той чинник, який перебуває в нестачі (або надлишку). Застосування постіндустріальних моделей розвитку зернової галузі передбачає розробку і впровадження ресурсоощадних біоадаптивних технологій вирощування сільськогосподарських культур, інтегрованої системи захисту рослин, методів оптимізації процесів росту і розвитку рослин з урахуванням змін клімату та на основі принципів точного землеробства [1]. Просторове варіювання агроекономічних та агроекологічних чинників має різний характер. Важливим аспектом варіювання також є закономірні зміни в динаміці врожайності зернових у часі. Тому дослідження закономірностей варіювання врожайності в просторі та часі може надати підтвердження тій або іншій гіпотезі про походження джерел варіювання урожайності зернових культур [5].

Постановка завдання. Мета статті – проаналізувати процес формування врожаю зернових культур

залежно від типу сівозміни, способу обробітку ґрунту та удобрення. Оскільки Центральний Лісостеп України знаходиться в зоні недостатнього і нестало-го природного зволоження, завжди були актуальними питання раціонального використання природних ресурсів вирощування зернових культур і визначення їх внеску у процес формування врожаю. Під час дослідження цих питань необхідно мати об'єктивну оцінку впливу різних чинників на рівень урожайності зернових культур, тому у роботі визначаються такі завдання: вивчити вихідні передумови дослідження цієї проблеми, проаналізувати рівень урожайності зернових культур у довгостроковому стаціонарному досліді (46 років) та середньостроковому періоді (24 роки) з вивчення ефективності різного типу сівозмін, способу обробітку та удобрення для умов центральної частини Лівобережного Лісостепу України.

Для прогнозування динаміки агроекономічних показників в умовах визначеного факторного впливу широко використовуються як загальновідомі, так і специфічні математичні методи, зокрема метод сингулярно-спектрального аналізу [9–11]. Проведенням агроекономічних досліджень із застосуванням цього методу займалися О.В. Захарова [12–13], Т.С. Клебанова [13], Х. Хассані, О.І. Черняк [14] та зарубіжні автори [15–18].

На рівень продуктивності зернових культур впливають не тільки добрі погодні умови у період їхнього росту у сівозмінах, але й нарощування внесення добрив, наявність нових сортів, впровадження енергоощадних технологій вирощування. Разом із тим, у довгострокових рядах динаміки формування врожаю зернових культур спостерігається різке збільшення флуктуацій продуктивності за роками.

Актуальним є виявити закономірності формування стабільності виходу зернових культур у сівозмінах на фоні зміни навколишнього середовища у зв'язку із змінами клімату [2; 4]. Реалізація зазначеного підходу можлива за наявності довгострокового прогнозу формування врожайності зернових культур в умовах довгострокових стаціонарних дослідів, а сучасні методи статистики просторової і часової зміни врожайності зернових культур дають змогу знайти раціональні критерії у розв'язанні цих питань.

Мета дослідження. Провести аналіз рядів динаміки зернових культур за різного типу сівозмін, обробітку ґрунту та удобрення в довгостроковому стаціонарному досліді, застосовуючи сучасні методи статистичного аналізу (непараметрична статистика,

метод ARIMA, сингулярно-спектральний та фрактальний аналіз) в умовах центральної частини Лівобережного Лісостепу.

Методика проведення досліджень. Дослідження проводили в умовах центральної частини Лівобережного Лісостепу України в довгостроковому (понад 46 років) стаціонарному досліді Драбівського дослідного поля Черкаської державної сільськогосподарської дослідної станції ННЦ «ІЗ НААН» у 1976–2022 рр. Грунт: чорнозем типовий малогумусний грубопилувато-легкосуглинковий з вмістом гумусу – 3,8–4,2%, рухомих сполук фосфору – 120–140 мг/кг ґрунту, рухомих сполук калію – 80–100 мг/кг ґрунту, $pH_{\text{вод.}}$ 6,8–7,0. Розмір посівної ділянки 162 м², а облікової – 100 м². У досліді вивчалися два типи 5-пільних сівозмін: **А:** горох – пшениця озима – буряк цукровий – кукурудза на зерно – кукурудза на зерно (сівозмінна з горохом – зернові – до 60%, технічні – до 20%; зернобобові – до 20%). **В:** багаторічні трави – пшениця озима – буряк цукровий – кукурудза – ячмінь + багаторічні трави (сівозмінна з травами – зернові – до 60%, технічні – до 20%; багаторічні трави – до 20%); **Система удобрення:** 7,0 т/га побічної продукції; $N_{62}P_{66}K_{82}$ (подвійна доза – 2NPK) на 1 га сівозмінної площі. До 1999 р. вносилося 6 т/га гною, а з 2000 по 2022 рр. – побічна продукція 7 т/га. **Способи основного обробітку:** різноглибинна оранка (22–25 см) під усі культури; безполицевий обробіток (22–25 см) під усі культури; поверхневий обробіток (8–12 см) під усі культури. В обох дослідях повторення – триразове.

У лабораторних умовах ґрунтові проби досліджувались в триразовій повторності, в яких визначали вміст гумусу за І. В. Тюріним у модифікації В. М. Сімакова (ДСТУ 4289:2004).

Сингулярно-спектральний аналіз ґрунтується на використанні перетворення Фур'є до автоковаріації. У кінцевому отримується спектральна функція, яка відображає залежність дисперсії процесу від частоти гармонік, які його складають. Чим більше значень спектральної щільності на деякій малій смузі частот, тим ці частоти вкладають в дисперсію більше вкладення. Залежність спектральної щільності від частоти представляється графічно у вигляді періодограми. Використання стохастичних моделей ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average; інтегровані моделі авторегресії та ковзних середніх) є ефективним методом для короткострокового та середньострокового прогнозування. Моделі авторегресії та ковзного середнього

передбачають стаціонарність часових рядів. Стаціонарний процес – це стохастичний процес, у якого не змінюється розподіл імовірностей під час зміщення в часі, а отже, і такі параметри, як середнє значення та дисперсія. Для багатьох часових рядів характерна залежність членів ряду один від одного. В аналізі часових рядів автокореляційна функція показує ступінь лінійного статистичного зв'язку між значеннями часового ряду. Чисельно, автокореляційна функція представляє собою послідовність коефіцієнтів кореляції між вихідним рядом і його копією, зміщеною на задане число інтервалів ряду (це число називається лагом L). Узагальнення продуктивності сівозмін здійснювали за «Методом дисперсійного аналізу» з використанням програми «STATISTICA–10» і застосуванням непараметричних методів статистики, сингулярно-спектрального та фрактального аналізів.

Результати та їх обговорення

На рис. 1 показано динаміку зернових культур у сівозміні А і В за період 46 років без внесення добрив та за їх внесення у подвійній дозі ($N_{62}P_{66}K_{82}$). Динаміку рядів урожайності можна розділити на два періоди: з 1976 по 1999 рр. та з 2000 по 2022 рр. Фрактальна оцінка рядів динаміки показала, що незалежно від типу сівозміни, обробітку та удобрення фрактальна розмірність (D) була у межах $1 < D < 1,5$, що визначає персистентність часових рядів динаміки зернових культур із трендом збереження стійкої тенденції до зростання як у минулому, так і у майбутньому і за показником Херста знаходиться у стійкому стані ($H=1,01–1,4$).

У сівозміні А тренди рівнянь регресії експоненціальних функцій, як за внесення добрив, так і без їх внесення сходяться, а у сівозміні В за безполицевого та поверхневого обробітків мають точку перетину у період з 2006 по 2009 рр., а далі мають достовірне віддалення від тренду урожайності за оранки. Більш контрастну особливість динаміки можна визначити за допомогою нормування параметрів рядів динаміки зміни врожайності зернових за 1976–2022 рр. Типізація параметрів урожайності зернових культур у сівозмінах різного типу за 46 років дала можливість виявити властиві закономірності для агроценозів із різним рівнем удобрення (табл. 1).

У сівозміні А без внесення добрив за оранки середня врожайність зернових становила 4,25 т/га, тоді як за безполицевого та поверхневого обробітків

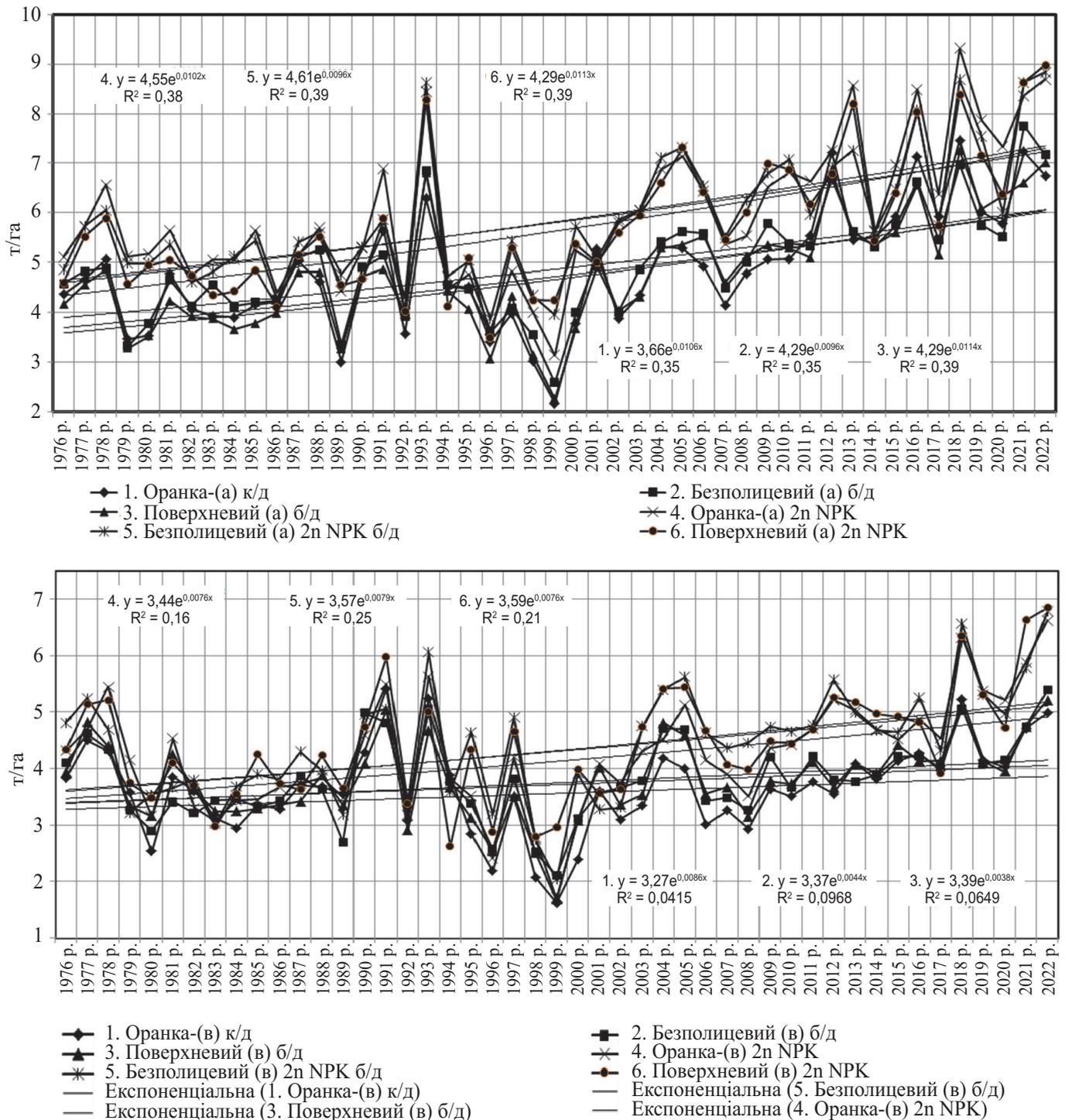


Рис. 1. Динаміка зернових культур залежно від типу сівозміни, способу обробітку та удобрення за 1976–2022 рр.

урожайність зростала на 0,16–0,18 т/га. Значення врожайності за медіаною перевищувало середнє значення за оранки і безполицевого обробітку, тоді як за поверхневого обробітку урожайність була меншою за середнє значення на 0,07 т/га, що свідчить про зростання врожайності у перших двох випадках та її зниження в останньому випадку, тобто врожайність за медіаною у перших двох випадках тяжіє

до типових значень верхнього квантиля ($L_{0,75}$), а в останньому випадку тяжіє до нижнього типового значення ($L_{0,25}$). Амплітудний розмах урожайності зернових зменшувався від оранки до поверхневого обробітку від 4,9 т/га до 4,2 т/га за рахунок зростання максимальних значень на 0,23 т/га та мінімальних значень урожайності на 0,9 т/га.

Нормований розмах за 50% рівнем значимості незалежно від способу обробітку становив 1,3–1,4 т/га за більш високих значень по $L_{0,25}$ та $L_{0,75}$ за безполицевого та поверхневого обробітків. За 10% рівнем значимості нормований розмах становив 2,4–2,7 т/га незалежно від способу обробітку. Найвищим коефіцієнт варіації врожайності зернових був за оранки (Coef.V.=23,5%), тоді як за безполицевого та поверхневого обробітків коефіцієнт варіації знижувався на 1,1% та 1,3%, що можна вважати тенденцією.

Внесення подвійної дози добрив у сівозміні А сприяло зростанню врожайності зернових: +1,73 т/га (оранка), +1,48 т/га (безполицевий обробіток) та +1,37 т/га (поверхневий обробіток). Достовірно вищий урожай отримано за оранки та безполицевого обробітку, тоді як за поверхневого обробітку урожайність зернових була істотно меншою.

Амплітудний розмах урожайності найвищим був за оранки $\Delta_a=6,2$ т/га, тоді як за безполицевого та поверхневого обробітків $\Delta_a=5,05,5$ т/га за нормованого розмаху від 1,82 т/га до 1,93 т/га (50% рівень

значимості) та від 3,89 т/га до 4,03 т/га (10% рівень значимості). Коефіцієнт варіації за оранки та поверхневого обробітку був у межах Coef.V.=23,6–24,2% та на рівні Coef.V.=21,1% за безполицевого обробітку.

Виявлено, що у сівозміні А найбільш стабільна врожайність зернових отримана за оранки та безполицевого обробітку, тоді як систематичний поверхневий обробіток був менш продуктивним за 46 років виконання.

У сівозміні В (з травами) на контролі без добрив урожайність зернових культур за оранки становила 3,65 т/га, тоді як за безполицевого та поверхневого обробітків зростала на 0,16 т/га та 0,13 т/га. Значення врожайності зернових за медіаною за оранки були на рівні середнього значення, тоді як за безполицевого та поверхневого обробітків урожайність за медіаною була меншою за середнє значення і тяжіла до урожайності за нижнім типовим значенням ($L_{0,25}$) (табл. 1).

Амплітудний розмах урожайності зернових на контролі без внесення добрив становив: за оранки

Таблиця 1. Типізовані параметри врожайності зернових культур залежно від типу сівозміни, обробітку ґрунту та удобрення за 1976–2022 рр.

Способи обробітку ґрунту	Статистичні нормовані показники								*Coef.Var, %
	Mean	Med	Min	Max	$L_{0,1}$	$L_{0,25}$	$L_{0,75}$	$L_{0,95}$	
			Амплітудний розмах: ($\Delta_a = \max - \min$)		Нормований розмах: $\Delta_{50\%} = L_{0,75} - L_{0,25}$ $\Delta_{10\%} = L_{0,95} - L_{0,1}$				
Сівозміна А (з горохом)									
Без внесення добрив									
Оранка	4,25	4,31	1,72	6,62	3,51	4,87	3,08	5,50	23,5
Безполицевий	4,43	4,64	2,04	6,78	3,67	4,99	3,19	5,62	22,5
Поверхневий	4,41	4,34	2,63	6,85	3,65	5,01	2,97	5,44	22,2
$N_{62}P_{66}K_{82}+7$ т/га побічної продукції									
Оранка	5,98	5,65	3,15	9,31	5,05	6,88	4,41	8,44	24,2
Безполицевий	5,91	5,73	3,88	8,83	4,98	6,80	4,34	7,63	21,0
Поверхневий	5,78	5,53	3,50	8,98	4,68	6,61	4,25	8,20	23,6
Сівозміна В (з травами)									
Без внесення добрив									
Оранка	3,65	3,64	1,62	5,42	3,12	4,14	2,54	4,71	21,9
Безполицевий	3,81	3,77	2,11	5,39	3,38	4,22	2,90	4,81	18,8
Поверхневий	3,78	3,73	1,69	5,21	3,35	4,14	3,08	4,81	18,9
$N_{62}P_{66}K_{82}+7$ т/га побічної продукції									
Оранка	4,86	4,78	2,18	7,46	3,98	5,54	3,47	6,75	24,4
Безполицевий	4,96	4,90	2,59	7,17	4,13	5,59	3,61	6,68	20,9
Поверхневий	4,80	4,80	2,26	7,25	3,99	5,37	3,28	6,61	23,9

$\Delta_a=3,8$ т/га, безполицевого обробітку – $\Delta_a=3,28$ т/га та за поверхневого обробітку – $\Delta_a=3,52$ т/га. Звуження амплітудного розмаху за безполицевого обробітку пов'язано з високим значенням урожайності по мінімальному значенню (2,18 т/га), тоді як за оранки і поверхневого обробітку мінімальне значення врожайності було меншим в 1,25–1,30 рази.

Нормоване типізоване значення зміни врожайності зернових за 50% рівнем значимості найвищим було за оранки ($\Delta_n=1,22$ т/га), тоді як за безполицевого та поверхневого обробітків нормований розмах був меншим у 1,22–1,29 рази. Аналогічно формувався нормований розмах за 10% рівнем значимості: 2,17 т/га за оранки та в 1,13–1,15 рази менший за поверхневого і безполицевого обробітків, що вплинуло на коефіцієнт варіації врожайності зернових, який був найвищим за оранки $\text{Coef.V.}=22\%$ проти $\text{Coef.V.}=18,8–18,9\%$ за безполицевого та поверхневого обробітків. Порівняння коефіцієнтів варіації врожайності зернових із сівозміною А показало, що варіація врожайності у сівозміні В є нижчою і найбільшою мірою знижується за безполицевого та поверхневого обробітків.

Під час внесення добрив урожайність зернових у сівозміні В найвищою була за безполицевого обробітку (4,96 т/га), знижуючись на 0,1 т/га за оранки та на 0,16 т/га – за поверхневого обробітку. Амплітудний розмах найменшим був також за безполицевого обробітку зі зростанням за оранки до $\Delta_a=5,28$ т/га та за поверхневого обробітку $\Delta_a=5$ т/га. Нормований розмах урожайності за оранки і безполицевого обробітку становив $\Delta_n=1,46–1,56$ т/га проти $\Delta_n=1,38$ т/га за поверхневого обробітку. Найвищих значень урожайності за $L_{0,25}$ та $L_{0,75}$ досягнуто за безполицевого обробітку – 5,59 т/га і 4,13 т/га відповідно. Коефіцієнт варіації врожайності зернових за безполицевого обробітку становив 20,9%, тоді як за оранки і поверхневого обробітку зростав на 3,0–3,5%. Порівняно з коефіцієнтами варіації врожайності зернових у сівозміні А різниці не знайдено, тобто внесення добрив стабілізує врожайність незалежно від типу сівозміни.

У період з 1990 по 2022 рр. динаміка зміни врожайності зернових має більш стрімкий характер. Фрактальна розмірність за увесь період (46 років) знаходиться у межах $1 < D < 1,5$, що визначає її персистентність зі збереженням стійкої тенденції до зростання, як у минулому, так і у майбутньому, а сама система знаходиться у стійкому стані. На контролі без

внесення добрив у сівозміні з 1990 по 2012 рр. урожайність зернових зрівнялася, а з 2013 по 2022 рр. тренди врожайності розійшлися: найвища врожайність була за оранки, далі – безполицевий та поверхневий обробітки. За внесення добрив до 2011 р. урожайність зернових зрівнялася, а до 2022 р. відбулося відхилення тренду найбільшою мірою за оранки, тоді як за безполицевого та поверхневого обробітків тренди врожайності зернових достовірно відхилилися у бік зменшення урожайності (рис. 2).

У сівозміні В на контролі без добрив у 2018 р. урожайність незалежно від обробітку була однаковою: тренди перетиналися в одній точці, хоча в 1990 р. початкове відхилення тренду за оранки було достовірним. Під час внесення добрив початкове розміщення трендів було в такій послідовності: поверхневий обробіток, безполицевий обробіток, оранка. У подальші роки (2013–2014 рр.) тренди врожайності зернових культур за поверхневого та безполицевого обробітків перетиналися, а за оранки мали тенденцію до подальшого зростання. До 2022 р. тренди врожайності зернових за оранки та безполицевого обробітку вирівнялися, а за поверхневого обробітку відбулося відхилення тренду у бік достовірного зниження врожайності. Більш конкретизовані відмінності продуктивності зернових у сівозмінах А і В за різних способів обробітку та удобрення можна отримати за рахунок проведення типізації параметрів рядів їхньої динаміки (рис. 2).

Типізація параметрів зростання врожайності зернових культур за останні 24 роки (з 1990 р.) показує, що у сівозміні А на контролі без внесення добрив середня врожайність зростає до 5,39–5,42 т/га, що вище ніж за період у 46 років в 1,22–1,28 рази. Амплітудний розмах мав тенденцію до зростання за рахунок збільшення врожайності за максимальним значенням на 0,84 т/га (оранка), 0,39–0,40 т/га (безполицевий та поверхневий обробітки). Нормований розмах за 50% рівнем значимості становив: за оранки $\Delta_n=1,12$ т/га, безполицевого обробітку – $\Delta_n=0,70$ т/га та поверхневого обробітку – $\Delta_n=1,21$ т/га. Коефіцієнт варіації урожайності зерна найвищим був за оранки (23%), а найнижчим за безполицевого обробітку (–4,2%), а за поверхневого обробітку мав проміжне значення. Порівняно з варіацією врожайності зерна у повному циклі (46 років) варіація у короткому циклі (24 роки) мала тенденцію до зниження (табл. 2).

Внесення добрив у сівозміні А сприяло зростанню середньої врожайності відносно великого циклу

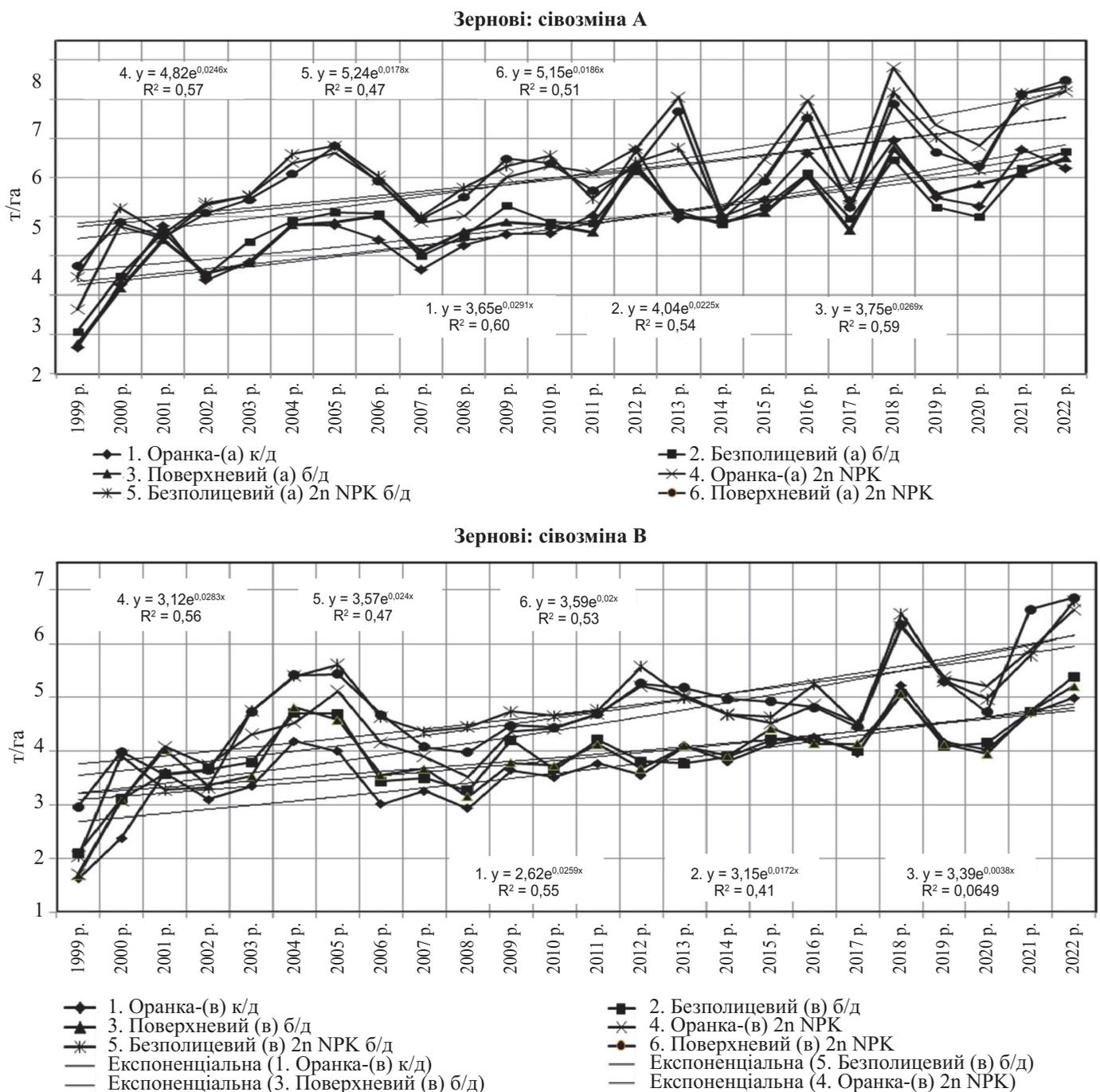


Рис. 2. Динаміка зернових культур залежно від типу сівозміни, способу обробітку та удобрення за 1999–202 рр.

(46 років) на +0,69 т/га (оранка), +0,75 т/га (безполицевий обробіток) та +0,83 т/га (поверхневий обробіток), а у межах 24 річного циклу середня врожайність знижувалася від оранки (6,72 т/га) до поверхневого обробітку (–0,11 т/га).

Амплітудний розмах урожайності за оранки становив 6,2 т/га, тоді як за мінімізації обробітку звужувався до $\Delta_a = 4,73\text{--}4,90$ т/га за зростання значень урожайності за мінімальним значенням. За аналогічною

закономірністю змінюється нормований розмах урожайності: відбувається його звуження від оранки до поверхневого обробітку, найвужчим залишаючись за безполицевого обробітку – $\Delta_n = 1,49$ т/га. Коефіцієнт варіації врожайності зернових за 24 роки мав стійку тенденцію до зниження, але за оранки Coef.V. був вищим за 20%, тоді як за безполицевого та поверхневого обробітків $\text{Coef.V.} < 20\%$, залишаючись найменшим за безполицевого обробітку.

Таблиця 2. Типізовані параметри врожайності зернових культур залежно від типу сівозміни, обробітку ґрунту та удобрення за 1999–2022 рр.

Способи обробітку ґрунту	Статистичні нормовані показники								*Coef.Var, %
	Mean,	Med,	Min	Max	L _{0,1}	L _{0,25}	L _{0,75}	L _{0,95}	
			Амплітудний розмах: ($\Delta_a = \max - \min$)		Нормований розмах: $\Delta_{50\%} = L_{0,75} - L_{0,25}$ $\Delta_{10\%} = L_{0,95} - L_{0,1}$				
Сівозміна А (з горохом)									
Без внесення добрив									
Оранка	5,42	5,39	2,18	7,46	4,85	5,97	3,89	7,22	23,0
Безполицевий	5,45	5,48	2,59	7,17	5,07	5,77	4,01	6,75	18,8
Поверхневий	5,39	5,36	2,26	7,25	5,01	6,22	4,05	6,84	20,9
N ₆₂ P ₆₆ K ₈₂ +7т/га побічної продукції									
Оранка	6,72	6,73	3,15	9,31	5,72	7,60	5,25	8,56	21,0
Безполицевий	6,66	6,62	3,97	8,83	5,80	7,29	5,50	8,65	17,8
Поверхневий	6,61	6,51	4,25	8,98	5,68	7,24	5,37	8,38	18,3
Сівозміна В (з травами)									
Без внесення добрив									
Оранка	3,72	3,79	1,62	5,22	3,30	4,15	2,93	4,71	21,2
Безполицевий	3,97	3,96	2,11	5,39	3,62	4,22	3,26	4,74	17,3
Поверхневий	3,94	3,99	1,69	5,21	3,61	4,28	3,15	4,81	18,7
N ₆₂ P ₆₆ K ₈₂ +7т/га побічної продукції									
Оранка	4,58	4,53	1,72	6,62	4,12	5,17	3,52	5,88	22,4
Безполицевий	4,78	4,75	2,04	6,78	4,41	5,36	3,31	5,78	21,2
Поверхневий	4,79	4,73	2,96	6,85	4,03	5,29	3,64	6,35	19,7

У сівозміні В середня врожайність зернових за 24 роки відносно періоду 46 років без внесення добрив незалежно від способу обробітку мала слабку тенденцію до зростання: за оранки +0,07 т/га, тоді як за безполицевого обробітку врожайність зернових зросла на 0,16–0,19 т/га. Урожайність за медіаною незалежно від способу обробітку ґрунту була вищою за середнє значення врожайності зернових, що свідчить про її схиляння до верхнього (L_{0,75}) типового значення або до зростання.

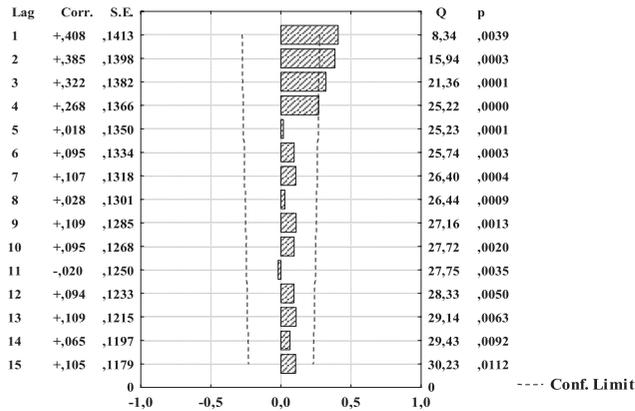
Порівняно з повним періодом досліджень (46 років) амплітудний розмах урожайності зернових істотно не змінився. Нормований розмах залишився на рівні загального циклу нормування. Коефіцієнт варіації за різних обробітків був на рівні загального циклу розрахунку варіації врожайності зернових культур. Під час внесення добрив середня врожайність зернових у 24 річному циклі мала слабку тенденцію до зниження, а значення врожайності за медіаною були меншими за середнє значення врожайності.

Амплітудний розмах зменшувався від оранки ($\Delta_a = 4,9$ т/га) до поверхневого обробітку ($\Delta_a = 3,89$ т/га). Нормований розмах за 50% рівнем значимості найвищим був за безполицевого обробітку $\Delta_n = 0,95$ т/га проти $\Delta_n = 1,05 - 1,26$ т/га за оранки та поверхневого обробітку. Коефіцієнт варіації врожайності зернових за оранки і безполицевого обробітку був >20%, тоді як за поверхневого обробітку був <20%.

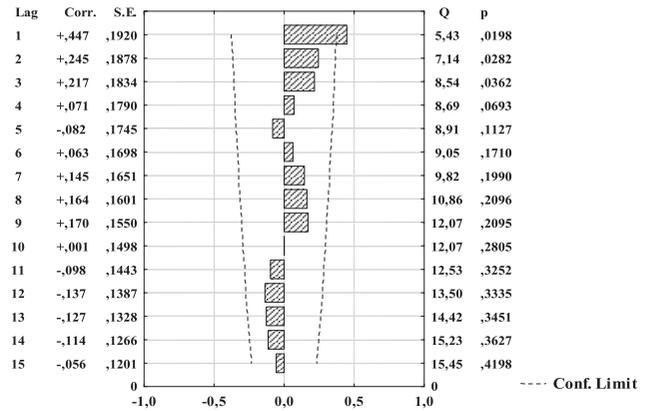
На рис. 3 показано графіки автокореляційних функцій часових рядів урожайності зернових культур після трансформації першого порядку, які по абсолютних величинах прагнуть до нуля, а це дає право стверджувати, що отримані ряди врожайності зернових є стаціонарними і не потребують подальшого математичного перетворення. Для рядів динаміки зернових культур за 46-річний період характерним є виконання умови, коли виражений максимум корелограми автокореляційної функції виявляється для лага L=K.

У сівозміні А на контролі без внесення добрив достовірна кореляція у ряду в лагах L=1–4, а це (L=3,1 рік) циклічність проявляється на рівні 12

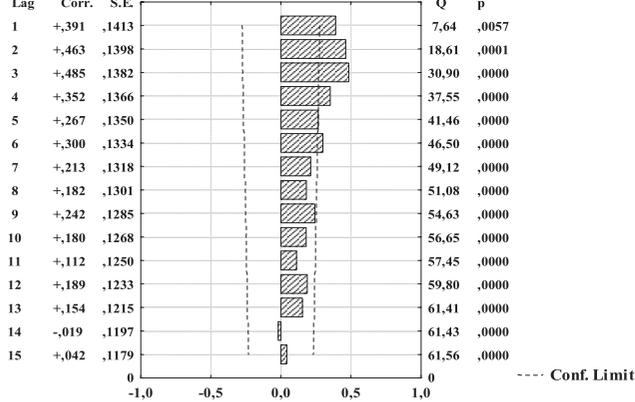
Середня урожайність зернових сівозміна А (без добрив) 46 років



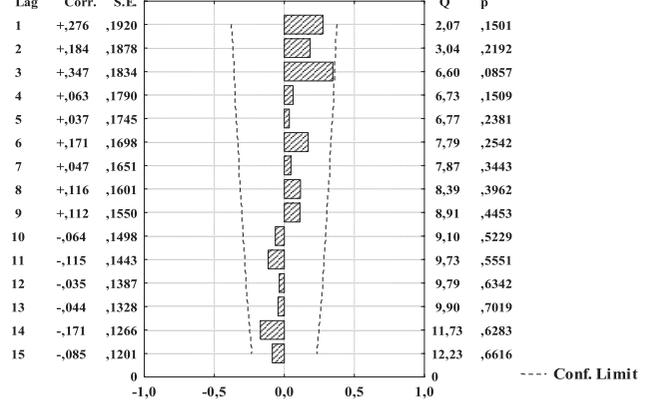
Середня урожайність зернових сівозміна А (без добрив) 46 років



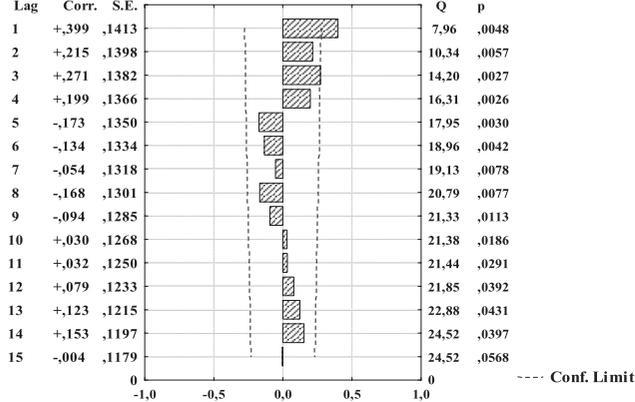
Середня урожайність зернових сівозміна А (2n NPK) 46 років



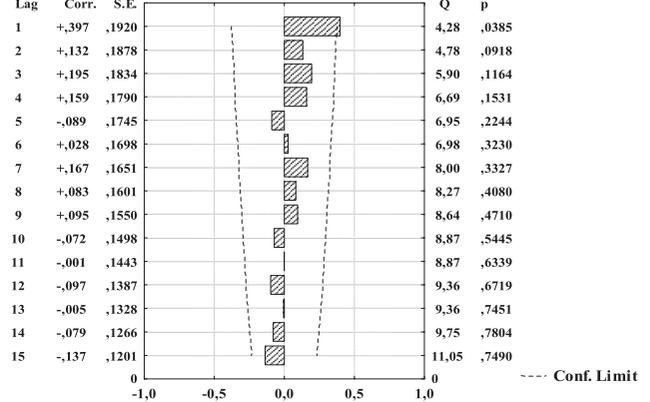
Середня урожайність зернових сівозміна А (2n NPK) 46 років



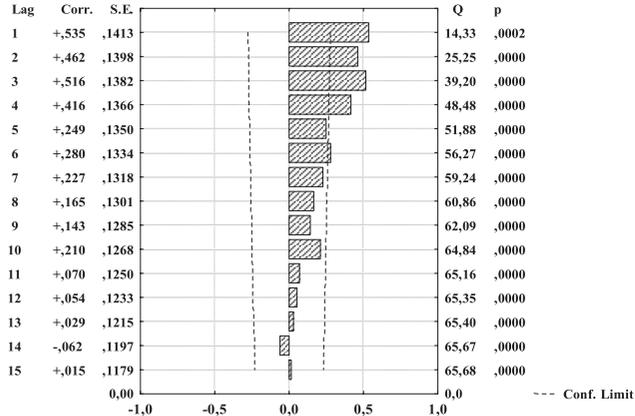
Середня урожайність зернових сівозміна В (без добрив) 46 років



Середня урожайність зернових сівозміна В (без добрив) 46 років



Середня урожайність зернових сівозміна В (2n NPK) 46 років



Середня урожайність зернових сівозміна В (2n NPK) 46 років

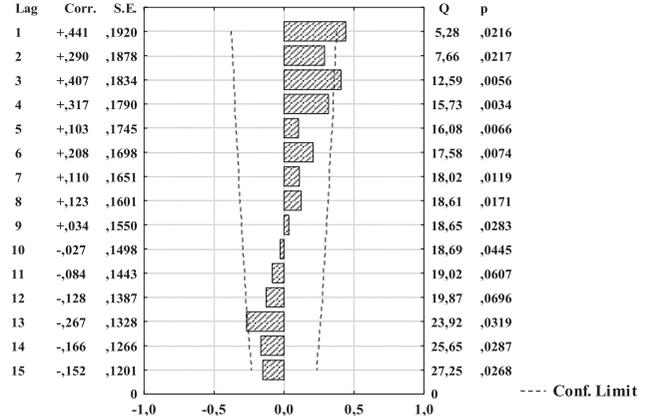


Рис. 3. Автокореляційна функція часового ряду врожайності зернових культур залежно від типу сівозміни та удобрення за 46 років і 24 роки

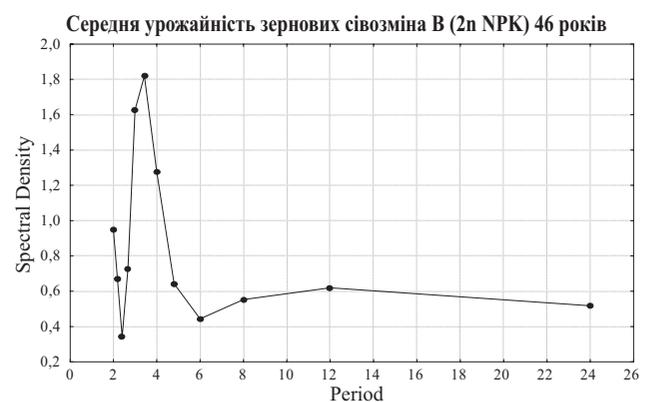
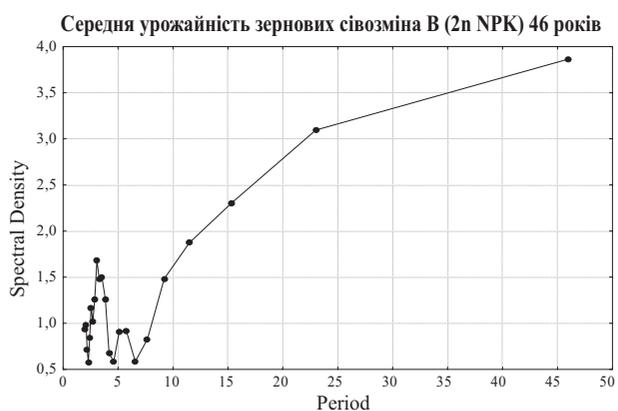
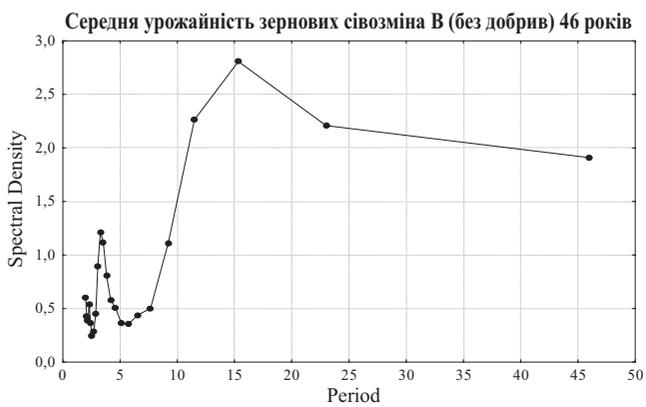
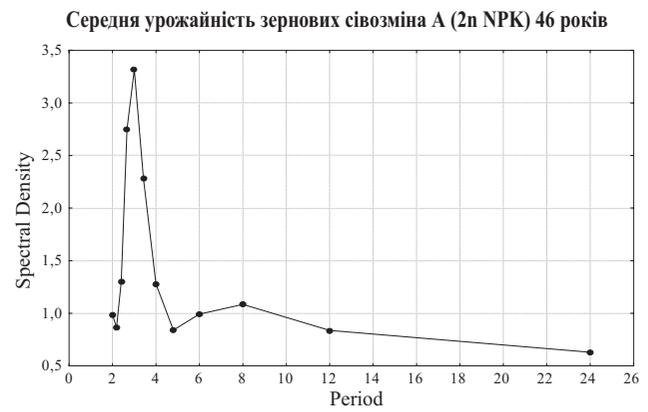
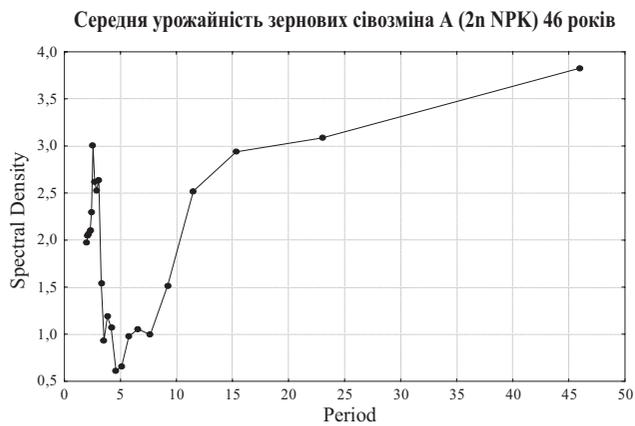
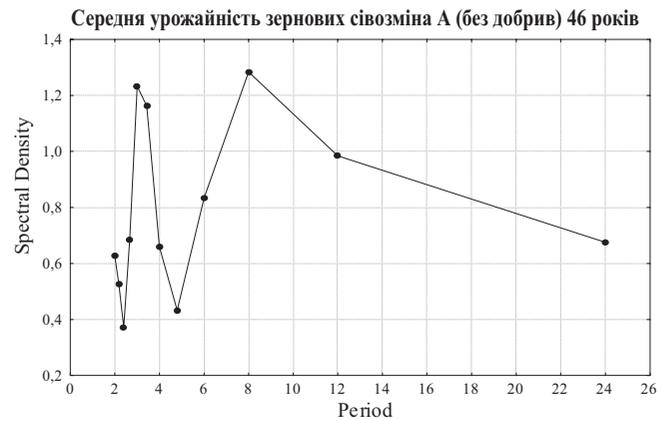
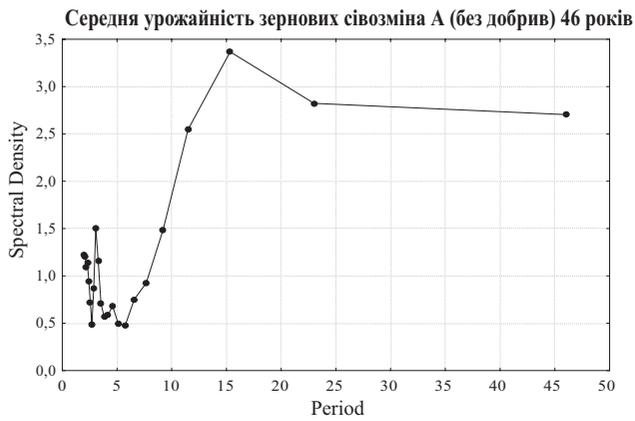


Рис. 4. Періодограми циклічності рядів динаміки зернових культур залежно від типу сівозміни та удобрення за 46-річний і 24-річний періоди

років. Аналогічно на варіанті зі внесенням добрив: достовірність кореляції на рівні $L=6$, що формує циклічність на рівні 19 років, а по лагу $L=9$ – на рівні 28 років.

У сівозміні В на контролі без внесення добрив достовірною кореляція проявляється по лагу $L=1$, а це 3 роки та $L=3$ – це 9 років. У подальшому відбувається зміна спрямованості кореляції на додатне значення (від $L=5$ до $L=9$), але кореляція є недостовірною, що відповідає низькому рівню прояву циклічності від 15 років до 30 років. За внесення добрив достовірною кореляція від лагу $L=1$ (цикл 3 роки) до $L=4$ (цикл 12 років). Далі $L=6$ (циклічність 19 років), а по лагу $L=10$ слабвиражена циклічність на рівні 30 років. У період 24 роки у сівозміні А на контролі без добрив достовірною циклічність по $L=1$ – циклічність близько 2 років. За зміною спрямованості кореляції, яка є недостовірною, проявляється слабо виражена циклічність по $L=5$ (циклічність 8 років) та $L=9$ (циклічність 14 років). За внесення добрив достовірною циклічність по $L=3$ (циклічність 5 років), а далі визначається затухаюча слабо виражена циклічність по $L=6$ (циклічність 10 років) та по $L=14$ (циклічність 22 роки).

У сівозміні В без внесення добрив достовірною кореляція у стаціонарному ряду по $L=1$ (цикл 2 роки), а по лагах $L=6$ (цикл 15 років) та $L=10$ (цикл 16 років) слабо виражені цикли за недостовірною кореляцією у стаціонарних рядах динаміки зернових культур.

За внесення добрив по лагу $L=1$ (цикл 2 роки) та лагу $L=3$ (цикл 5 років) формується достовірною циклічність. По лагу $L=9$ (циклічність 14 років) недостовірною циклічність, а по лагу $L=13$ (циклічність 21 рік) достовірною циклічність в ряду зміни врожайності зернових культур у сівозміні В.

Аналіз періодограм дає можливість зробити узагальнення про те, що чинник сівозміни і рівень удобрення формує різну циклічність у зміні врожайності зернових культур, яка більш достовірно проявляється у рядах динаміки з більшою кількістю років (46 років), ніж у більш коротких рядах (24 роки) (рис.4).

Для виділення циклів у часових рядах урожайності зернових культур використано спектральний метод аналізу, суть якого полягає у тому, що досліджуваний процес може бути представлений у вигляді суми гармонічних коливань різних частот. У результаті аналізу можна виявити декілька повторюваних циклів різної подовженості в часових рядах, які на перший погляд сприймаються як випадковий шум.

Своєю чергою, періодограма – графічне зображення оцінки модуля перетворення Фур'є автокореляційної функції стаціонарного часового ряду або випадкового процесу. Чим вище і більш різко виділено пік, тим більша частина потужності сконцентрована біля цієї частоти і тим більшу роль вода відіграє в описанні відповідного випадкового процесу або часового ряду. Прийнято залежно від подовженості виділяти основні види циклів:

- короткострокові: 3–4 річні (цикли Д. Китчина, У. Мітчела);
- довгострокові, пов'язані з переходом від одного технологічного способу до іншого. Такі цикли отримали назву «довгі хвилі» Н. Д. Кондрат'єва.

На рис. 4 показані періодограми зміни врожайності зернових культур залежно від типу сівозміни і удобрення. На контролі без внесення добрив у сівозміні А за 46-річний період спостережень виявлено короткостроковий 3-річний та 15-річний цикли зміни урожайності зернових. За внесення добрив за 46-річний період виявлено 2–3-річні, 15-річні, 23-річні цикли, а за 24-річний період – 3-річний та слабвиражений цикл 8 років.

У сівозміні В на контролі без добрив виявлено такі цикли: 3 роки, 15 років, 23 роки, а за 24 роки: 3 роки, 8 років, 12 років. За внесення добрив у 46-річному циклі виявлено: 3-річний цикл, 23-річний та 46-річний цикли, а за 24-річний цикл: 3-річний та слабвиражений 12-річний цикл.

Висновки

Аналіз динаміки врожайності зернових культур залежно від типу сівозміни, обробітку ґрунту та удобрення показав зростаючі тренди продуктивності у часі в умовах наростаючих змін клімату в сторону потепління. Кількісна оцінка варіативності багаторічних даних зернових культур за 46 та 24 роки свідчить про адаптивність зернових культур у часі до наростаючих кліматичних змін: коефіцієнт варіації $\text{Coef.V.}=22,2\text{--}23,4\%$ (контроль без добрив) та $21,0\text{--}24,0\%$ (внесення подвійної дози добрив) у сівозміні А та $\text{Coef.V.}=18,8\text{--}21,9\%$ та $\text{Coef.V.}=20,9\text{--}24,4\%$ відповідно у сівозміні В. Застосування вірогідних моделей ARIMA дає змогу досить ефективно прогнозувати річні часові ряди врожайності зернових культур, не емпіричне, не стаціонарність яких обумовлена лінійною трендовою складовою.

Отримані ряди динаміки зернових культур за застосування сингулярно-спектрального аналізу

характеризуються як емпіричне дослідження зміни врожайності зернових культур у часі залежно від типу сівозміни, обробітку ґрунту та удобрення стають відліковою крапкою під час прогнозування і виявлення циклічності, що дає можливість із певною вірогідністю дати відповідь на питання, які саме коливання врожайності переважають у досліджуваному процесі формування продуктивності залежно від техногенних і технологічних впливів.

За 46 років досліджень виявилось, що врожайність зернових культур у сівозміні А, як без внесення добрив, так і з добривами, була вищою на 0,98–1,12 т/га порівняно з сівозміною В, що забезпечувалось насиченням сівозміни А кукурудзою до 40%. За період 24 роки зростання врожайності зернових культур відбувалося

більш стрімко порівняно з сівозміною В за рахунок збільшення врожайності кукурудзи, тоді як у сівозміні В урожайність ячменю ярого наближалась до спадного тренду, що знижувало врожайність зернових загалом.

У період досліджень 24 роки в сівозміні А більш ефективними були обробітки, такі як оранка та безполицевий обробіток, тоді як у сівозміні В перевагу мав поверхневий обробіток. За період повного циклу досліджень (46 років) в сівозміні А найбільш ефективними були оранка та поверхневий обробіток, тоді як в сівозміні В перевага була за оранкою і безполицевим обробітком.

Вплив технологічних чинників, які визначали врожайність зернових культур становили послідовність: тип сівозміни > удобрення > обробіток ґрунту.

ЛІТЕРАТУРА

1. Погребняк А.Ю., Лінник І.М. Методичні підходи щодо оцінки ефективності діяльності підприємства. *Сучасні проблеми економіки і підприємництва*. 2017. № 19. С. 187–192.
2. Андрійчук В.Г. Ефективність діяльності аграрних підприємств: теорія, методика, аналіз : моногр. Київ: КНЕУ, 2005. 206 с.
3. Саблук П.Т. Агропромисловий комплекс України: стан, тенденції та перспективи розвитку. *Інформаційно-аналітичний збірник*. Вип. 4. Київ : ІАЕ, 2000.
4. Сайко В.Ф. Землеробство в контексті зміни клімату. *Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства НААН»*. 2008. Спецвип. С.3–14.
5. Нелеп В.М. Тенденції розвитку сільського господарства в Україні та світі. *Економіка АПК*. 2015. № 7. С.100–105. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/E_apk_2015_7_15.
6. Драгоєва О.В., Морозович А.В. Методи оцінки економічної ефективності виробництва сільськогосподарської продукції. *Вісник СНТ ННІ бізнесу і менеджменту ХНТУСГ*. 2020. № 1. С.102–105. URL: <http://dspace.khntusg.com.ua/bitstream/123456789/11875/1/33.pdf>.
7. Жук В.М., Сичевський М.П. Розвиток зернового ринку. *Облік і фінанси АПК: освітній портал*. URL: <http://magazine.faaf.org.ua/rozvitok-zernovogo-rinku-1275.html>.
8. Обсяг виробництва, урожайність та зібрана площа сільськогосподарських культур за їх видами на 01 вересня 2021 року. Державна служба статистики України. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua/>.
9. Данилова Д.Л., Жиглявский А.А. Главные компоненты временных рядов: метод «Гусеница». под ред.. СПб.: Пресском, 1997. 308 с.
10. Голяндина Н.Э. Метод «Гусеница»–SSA: анализ временных рядов : учеб. пособ. Н.Э. Голяндина. СПб., 2004. 52 с.
11. Голяндина Н.Э. Метод «Гусеница»–SSA: прогноз временных рядов : учеб. пособ. Н.Э. Голяндина. СПб., 2004. 52 с.
12. Захарова О.В. Моделирование динамики макроэкономических процессов с учетом эффекта долгой памяти. *Бизнесинформ. Экономика: Модели нелинейной динамики в экономике*. 2009. № 2 (1). С. 94–99.
13. Клебанова Т.С., Захарова О.В. Анализ и прогнозирование экспортных показателей на основе метода «Гусеница–SSA». *Бизнес–информ*. 2006. № 7. С. 3–9.
14. Статистика Світової продовольчої організації ООН ФАО. FAOSTAT. URL: <http://faostat.fao.org/>.
15. Черняк О.І., Кудіненко М.Я. Аналіз та прогноз динаміки ВВП України за допомогою методу SSA. *Економіка і прогнозування*. 2002. № 4. С. 134–147.
16. Flammini A. Biofuels and the underlying causes of high food prices. *Global Bioenergy Partnership Secretariat*, 2008. 31 p.
17. Golyandina N. On the choice of parameters in Singular Spectrum Analysis and related subspace-based methods. *St. Petersburg State University*, 2011. 32 p.
18. Hassani H., Zhigljavsky A. Singular spectrum analysis: methodology and application to economics data. *Jrl Syst Sci & Complexity*. 2009. № 22. P. 372–394.
19. OECD–FAO Agricultural Outlook 2011–2020. Chapter 4: Cereals. OECD/FAO. 2011. P. 94–106.

REFERENCES

- Pohrebniak A.Iu., Linnyk I.M. (2017). Metodichni pidkhody shchodo otsinky efektyvnosti diialnosti pidpriemstva. *Suchasni problemy ekonomiky i pidpriemnytstvo*, 19, 187–192 [in Ukrainian].
- Andriichuk V.H. (2005). Efektyvnist diialnosti ahrarykh pidpriemstv: teoriia, metodyka, analiz : monohrafiia. Kyiv: KNEU. 206 s. [in Ukrainian].
- Sabluk P.T. (2000). Ahropromyslovyi kompleks Ukrainy: stan, tendentsii ta perspektyvy rozvytku. *Informatsiino-analitychnyi zbirnyk*, 4 [in Ukrainian].
- Saiko V.F. (2008). Zemlerobstvo v konteksti zminy klimatu. *Zbirnyk naukovykh prats NNTs «Instytut zemlerobstva NAAN»*, 3–14 [in Ukrainian].
- Nelep V.M. (2015). Tendentsii rozvytku silskoho hospodarstva v Ukraini ta sviti. *Ekonomika APK*, 7, 100–105. URL: <http://nbuv.gov.ua/UJRN/E.apk.7-15> [in Ukrainian].
- Drahoieva O.V., Morozovych A.V. (2020). Metody otsinky ekonomichnoi efektyvnosti vyrobnytstva silskohospodarskoi produktsii. *Visnyk SNT NNI biznesu i menedzhmentu KhNTUSH*, 1, 102–105. URL: <http://dspace.khntusg.com.ua/bitstream/123456789/11875/1/33.pdf> [in Ukrainian].
- Zhuk V.M., Sychevskiy M.P. Rozvytok zernovoho rynku. Oblik i finansy APK: osvittii portal. URL: <http://magazine.faaf.org.ua/rozvitok-zernovogo-rynku-1275.html> [in Ukrainian].
- Obsiah vyrobnytstva, urozhainist ta zibrana ploshcha silskohospodarskykh kultur za yikh vydamy na 01 veresnia 2021 roku. Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua/> [in Ukrainian].
- Главные компоненты временных рядов: метод «Husenytса» (1997). Pod. red. D.L. Danylova y A.A. Zhyhliavskoho. SPb.: Presskom, 308 s. [in Russian].
- Holiandyna N.Э. (2004). Metod «Husenytса»–SSA: analiz vremennykh riadov : ucheb. posob. SPb. 52 s. [in Russian].
- Holiandyna N.Э. (2004). Metod «Husenytса»–SSA: prohnov vremennykh riadov : ucheb. posob. SPb. 52 s. [in Russian].
- Zakharova O.V. (2009). Modeliuvannia dynamiky makroekonomichnykh protsesiv z urakhuvanniam efektu dovhoi pamiaty. *Byznesynform. Ekonomyka: Modely nelyneinoi dynamyky v ekonomyke, № 2 (1)*, 94–99[in Ukrainian].
- Klebanova T.S., Zakharova O.V. (2006). Analiz y prohnovyrovanye eksportnykh pokazatelei na osnovе metoda «Husenytса–SSA». *Byznes–ynform. № 7. S. 3–9*[in Russian].
- Statystyka Svitovoi prodovolchoi orhanizatsii OON FAO. FAOSTAT. URL: <http://faostat.fao.org/> [in Ukrainian].
- Cherniak O.I., Kudinenko M.Ia. (2002). Analiz ta prohnov dynamiky VVP Ukrainy za dopomohoiu metodu SSA. *Ekonomika i prohnovuvannia*, 4, 134–147 [in Ukrainian].
- Flammini A. (2008). Biofuels and the underlying causes of high food prices. *Global Bioenergy Partnership Secretariat*. 31 p. [in English].
- Golyandina N. (2011). On the choice of parameters in Singular Spectrum Analysis and related subspace-based methods. *St. Petersburg State University*. 32 p. [in English].
- Hassani H., Zhigljavsky A. (2009). Singular spectrum analysis: methodology and application to economics data. *J. Syst. Sci & Complexity*, 22, 372–394 [in English].
- OECD–FAO (2011). *Agricultural Outlook 2011–2020. Chapter 4: Cereals*. OECD/FAO. P. 94–106 [in English].

Demydenko O.V.***Study of long-term rows of grain crop yield dynamics by methods of modern statistical analysis***

Aim. To analyze the series of dynamics of grain crops under different types of crop rotations, tillage and fertilization in a long-term stationary experiment. **Methods.** Statistical analysis (nonparametric statistics, ARIMA method, singular spectral and fractal analysis) in the conditions of the central part of the Left-Bank Forest–Steppe. **Results.** The analysis of the dynamics of grain yields depending on the type of crop rotation, tillage and fertilization showed increasing trends in productivity over time. Quantitative assessment of the variability of long-term data of grain crops for 46 and 24 years indicates the adaptability of grain crops over time to increasing climate change: coefficient of variation Coefficient of Variation Coefficient of Variation = 22.2–23.4% (control without fertilizers) and 21.0–24.0% (double dose of fertilizers) in a crop rotation with peas and Coefficient of Variation Coefficient of Variation = 18.8–21.9% and Coefficient of Variation = 20.9–24.4%, respectively, in a crop rotation

with grasses. Over 46 years of research, it turned out that the yield of grain crops in a crop rotation with peas, both without fertilizers and with fertilizers, was 0.98–1.12 t/ha higher than in a crop rotation with grasses, which was ensured by saturating the crop rotation with peas with corn up to 40%. Over the period of 24 years, the growth of grain yields in the crop rotation with peas was more rapid compared to the crop rotation with grasses due to the growth of corn yields, while in the crop rotation with grasses, spring barley yields were approaching a downward trend, which reduced grain yields in general. **Conclusions.** During the research period of 24 years in the crop rotation with peas, tillage such as plowing and moldboardless tillage were more effective, while in the crop rotation with grasses, surface tillage was preferred. Over the period of the full research cycle (46 years), plowing and surface tillage were the most effective in the crop rotation with peas, while plowing and moldboardless tillage were preferred in the crop rotation with grasses. The influence of technological factors that determined the yield of grain crops was as follows: type of crop rotation>fertilization>soil cultivation.

Key words: yield, grain crops, singular spectral analysis, prediagram, autocorrelation function, plowing, moldboardless tillage, surface tillage, fertilizers.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРА

Демиденко О.В., доктор сільськогосподарських наук, директор, Черкаська державна сільськогосподарська дослідна станція ННЦ «Інститут землеробства НААН», тел. 0674727088, e-mail: smilachiapv@ukr.net.

Demydenko O.V., Doctor of Agricultural Sciences, Director, Cherkasy State Agricultural Research Station, NSC «Institute of Agriculture of NAAS», ph. 0674727088, e-mail: smilachiapv@ukr.net.

Надійшла 15.09.2023

ЧИСЕЛЬНІСТЬ ТА ФІЗІОЛОГІЧНА АКТИВНІСТЬ МІКРООРГАНІЗМІВ ЧОРНОЗЕМУ ТИПОВОГО ЗА РІЗНИХ СПОСОБІВ ОСНОВНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ

І.М. Малиновська¹, Є.В. Задубинна², В.Ф. Камінський¹

¹ННЦ «ІЗ НААН» (сmt Чабани, Україна)

²Панфільська дослідна станція ННЦ «ІЗ НААН» (с. Панфили, Україна)

Мета. Дослідження впливу способу основного обробітку ґрунту за різного рівня мінерального удобрення на чисельність і фізіологічну активність мікроорганізмів чорнозему типового. **Методи.** Мікробіологічний, лабораторно-аналітичний, статистичний. Дослідження проводили із використанням ґрунтових зразків стаціонарного досліді з вивчення короткоротаційних сівозмін, закладеному у 2009 р. на Панфільській дослідній станції ННЦ «ІЗ НААН». **Результати.** Найменшою величиною загальної чисельності мікроорганізмів характеризується варіант із застосуванням оранки на 25–27 см, середньою – по-till-технології, і максимальною – варіант мілкого (10–12 см) дискового обробітку. Внесення мінеральних добрив призводить до збільшення загальної чисельності мікроорганізмів у варіанті по-till-технології на 6,04% ($N_{30}P_{30}K_{45}$) і 13,3% ($N_{150}P_{100}K_{120}$), у варіанті дискування – на 12,8 і 3,43% відповідно. У варіанті без добрив максимальна кількість амоніфікаторів виявляється за використання дискування, на 236% менша – за по-till-технології, на 56,3% менша – за оранки. Дискування забезпечує активніше перебігання процесів мобілізації мінеральних елементів з їх нерозчинних форм, що підтверджується збільшеною чисельністю полісахаридсинтезувальних, кислотоутворювальних та фосфатмобілізувальних мікроорганізмів. Кількість полісахаридсинтезувальних бактерій у варіанті дискування без добрив перевищує чисельність мікроорганізмів цієї групи у варіанті по-till-технології на 20,0%, у варіанті оранки – на 17,1%. Відповідні показники для кислотоутворювальних мікроорганізмів становили 33,1 і 19,6%, для фосфатмобілізувальних – 18,1 і 47,3%. Показано, що фізіолого-біохімічна активність клітин мікроорганізмів агрономічно цінних груп залежить від способу основного обробітку ґрунту, дози мінеральних добрив і фізіологічної приналежності самої групи мікроорганізмів. **Висновки.** За умов зволоження вегетаційного періоду 2021 р. дискування виявилось найбільш оптимальним способом обробітку ґрунту за вирощування соняшнику.

Ключові слова: мікроорганізми, амоніфікатори, автохтонні, полісахаридсинтезувальні мікроорганізми, чорнозем типовий.

Вступ. У процесі обробітку ґрунтів внаслідок механічного подрібнення руйнується структура ґрунтових агрегатів і в результаті погіршуються водний, повітряний, поживний режими, тобто спостерігається деградація агрофізичних властивостей ґрунтів. Надмірна інтенсифікація землеробства призводить до швидкого руйнування агрономічно цінної структури ґрунтів, посилення процесів водної і вітрової ерозії, втрати гумусу та зниження рівня потенційної і ефективної родючості ґрунту [1; 2].

В.В. Медведєв [2] відзначає, що в природних умовах структура чорноземів відносно стабільна як

у річному, так і в сезонному циклах. При механічному обробітку в середньо- і важкосуглинкових ґрунтах діапазон динаміки щільності може сягати $\pm 0,40$ г/см³, тобто механічний обробіток і викликані ним зміни у щільності ґрунту є головною причиною динаміки водно-фізичних властивостей орних земель.

На сьогодні встановлені чіткі закономірності впливу різних способів основного обробітку на фізико-хімічні властивості ґрунтів, динаміку водного та поживного режимів, мікробіологічну активність, характер і ступінь забур'яненості, урожай і якість сільськогосподарської продукції [3; 4]. В сучасних

умовах головним напрямом у землеробстві є пошук ефективних шляхів зниження негативного впливу обробітку на ґрунт шляхом зменшення глибини і кількості обробок, впровадження мінімального обробітку.

Метою цієї роботи є дослідження впливу способу основного обробітку ґрунту та рівня мінерального удобрення на чисельність і фізіологічну активність мікроорганізмів чорнозему типового неглибокого.

Методика досліджень. Дослідження проводилися у стаціонарному досліді з вивчення короткоротаційних сівозмін на Панфільській дослідній станції ННЦ «ІЗ НААН», закладеному у 2009 р. Ґрунт дослідних ділянок – чорнозем типовий неглибокий крупнопилувато-легкосуглинковий, який залягає на карбонатному легкосуглинковому лесі. До закладання досліді ґрунт характеризувався такими агрохімічними показниками: вміст гумусу – 3,17%; рН_{сол} 6,15; гідролітична кислотність – 3,15 мг-екв/100 г ґрунту; сума увібраних основ – 14,1 мг-екв/100 г; обмінні основи: кальцій – 7,43; магній – 1,14 мг-екв/100 г ґрунту; ступінь насичення основами – 56%, уміст легкогідролізного азоту – 72,8 мг/кг; рухомих фосфатів – 300,0 мг/кг, обмінного калію – 95,5 мг/кг ґрунту.

Дослідження проводилися у сівозміні: соняшник – соя – пшениця озима – ячмінь ярий – соняшник. Об'єктом досліджень були варіанти стаціонарного досліді: 1 – *no-till*-технологія, без добрив (контроль); 2 – *no-till*-технологія, N₃₀P₃₀K₆₅; 3 – *no-till*-технологія, N₁₅₀P₁₀₀K₁₂₀; 4 – Дискування (мілкий дисковий обробіток на 10–12 см), без добрив; 5 – Дискування, N₃₀P₃₀K₆₅; 6 – Дискування, N₁₅₀P₁₀₀K₁₂₀; 7 – Оранка на 25–27 см, без добрив; 8 – Оранка на 25–27 см, N₃₀P₃₀K₆₅; 9 – Оранка на 25–27 см, N₁₅₀P₁₀₀K₁₂₀. У 2021 р. у досліджуваних варіантах вирощувався гібрид соняшнику Тор, попередник – ячмінь ярий. Розмір посівної ділянки сягає 25*6=150 м², облікової 100 м². Повторення досліді триразове, розміщення варіантів і повторень систематичне.

Відбір та підготовку зразків ґрунту для дослідження мікробіоти в лабораторних умовах проводили згідно з ДСТУ ISO 10381-6-2001. Зразки ґрунту відбиралися з кореневої зони рослин у день висіву ґрунтової суспензії на поживні середовища. Вологість ґрунту визначали термогравіметричним методом (ДСТУ ISO 11465:2001). Чисельність мікроорганізмів основних еколого-трофічних, функціональних і систематичних груп оцінювали методом висіву ґрунтової суспензії на відповідні загальні, селективні

та спеціальні поживні середовища в трьох повтореннях [5; 6]. Кількість колоній підраховували впродовж 21 доби залежно від швидкості росту та фізіологічних особливостей мікроорганізмів певної еколого-трофічної групи. Показники інтенсивності процесів мінералізації сполук азоту, органічної речовини ґрунту, гумусу, вірогідності формування бактеріальних колоній (ВФК) обраховували згідно описаному раніше [7]. Для узагальнювальної оцінки біологічного стану ґрунту обчислювали показник сумарної біологічної активності (СБА) із використанням методу відносних величин [8].

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

Результати та їх обговорення. Виявлено, що найбільшою кількістю амоніфікаторів характеризується коренева зона рослин соняшнику за застосування дискування із внесенням мінімальної дози добрив, найменша кількість – за застосування оранки, середня – за *no-till*-технології (табл.1). У варіанті без добрив найбільша кількість амоніфікаторів виявляється за використання дискування, на 236% менша – за *no-till*-технології, на 56,3% менша – за оранки. Оскільки кількість амоніфікаторів є індикатором вегетативного розвитку рослин і у варіанті без добрив відсутній вплив інших чинників, то за умов зволоження вегетаційного періоду 2021 р. дискування виявилось найбільш оптимальним способом обробітку ґрунту за вирощування соняшнику. Така сама закономірність простежується за внесення мінімальної дози добрив N₃₀P₃₀K₆₅, відповідні показники зменшення чисельності амоніфікаторів за *no-till*-технології порівняно із дискуванням становили 29,1%, за оранки – 106,4%; за дози добрив N₁₅₀P₁₀₀K₁₂₀ зменшення чисельності амоніфікаторів сягало відповідно 17,4 і 111,3%. Оскільки основний обробіток ґрунту впливає на водозабезпеченість рослин, то за інших умов зволоження можливе формування інших закономірностей.

Внесення мінеральних добрив у варіанті застосування *no-till*-технології не впливає на чисельність іммобілізаторів мінерального азоту за мінімальної дози добрив і підвищує її на 15,9% за дози добрив N₁₅₀P₁₀₀K₁₂₀. У варіантах дискування і оранки – протилежна тенденція: за внесення N₁₅₀P₁₀₀K₁₂₀ чисельність іммобілізаторів азоту істотно знижується, що свідчить про неоптимальність вказаної дози добрив. За *no-till*-технології потрапляння мінеральних добрив у зону коренів ускладнено, і тому інгібувальна дія

Таблиця 1. Чисельність мікроорганізмів у чорноземі типовому за вирощування соняшнику, фаза цвітіння, млн КУО/г абсолютно сухого ґрунту, 2021р.

Варіант	Амоніфікатори	Імобілізатори мінерального азоту	Олігонітрофіли	Азотобактер, % обростання грудочок ґрунту	Педотрофи	Целюлозоруйнівні бактерії	Полісахарид-синтезувальні	Актиноміцети	Мікроміцети	Автохтонні	Кислотоутворювальні	Мобілізатори мінеральних фосфатів	Загальна чисельність
Технології, без добрив	492,0	138,8	57,4	41,3	86,3	65,5	12,0	10,3	0,308	20,1	14,2	9,57	947,8
Технології $N_{30}P_{30}K_{65}$	516,1	138,3	94,5	18,7	116,8	54,8	14,2	16,5	0,423	9,83	19,5	5,31	1005,0
Технології $N_{150}P_{100}K_{120}$	541,0	160,8	105,9	18,7	79,0	94,4	16,7	13,0	0,525	10,5	24,5	8,34	1073,4
Дискування, без добрив	608,1	226,6	86,1	26,7	150,8	69,3	14,4	18,1	0,430	15,2	18,9	11,4	1246,1
Дискування, $N_{30}P_{30}K_{65}$	666,2	233,4	139,3	36,0	152,5	81,6	25,7	20,8	0,824	17,5	20,5	10,9	1405,3
Дискування, $N_{150}P_{100}K_{120}$	635,2	181,3	71,6	40,7	192,4	86,5	6,60	19,8	0,535	18,0	23,6	12,5	1288,8
Оранка, без добрив	389,4	131,9	92,8	96,0	88,9	90,2	12,3	12,1	0,250	15,8	15,8	7,74	953,2
Оранка, $N_{30}P_{30}K_{65}$	322,8	142,2	61,3	22,0	98,0	51,2	10,4	13,1	0,356	13,1	14,5	13,1	762,1
Оранка, $N_{150}P_{100}K_{120}$	300,6	92,0	14,4	25,3	46,4	63,2	4,21	8,77	0,239	10,5	7,37	5,62	618,6
НІР ₀₅	12,1	10,2	3,00	3,55	8,74	2,12	3,15	1,88	0,05	0,98	4,55	0,30	

цієї надмірної дози добрив виявляється не повною мірою. Ці закономірності повторюються і для групи олігонітрофілів: за *no-till*-технології внесення добрив у дозі $N_{150}P_{100}K_{120}$ призводить до збільшення чисельності мікроорганізмів цієї групи порівняно із контролем на 84,5%, а за дискування і оранки – до зменшення чисельності на 20,3 і 70,6% відповідно. Це також свідчить про порушення розподілу частинок мінеральних добрив у товщі кореневмісного шару ґрунту, яке відбувається за застосування *no-till*-технології.

Відносно педотрофів доза $N_{150}P_{100}K_{120}$ виявилася інгібувальною і за застосування *no-till*-технології: їхня чисельність зменшилася порівняно із контролем на 9,24%, порівняно із мінімальною дозою добрив – на 47,8%. За максимальної дози добрив у варіанті *no-till*-технології знижується також чисельність актиноміцетів, автохтонних мікроорганізмів і мобілізаторів мінеральних фосфатів, але зростає чисельність целюлозоруйнівних (на 44,1%), полісахаридсинтезувальних (на 39,2%), кислотоутворювальних бактерій (на 72,5%) і мікроміцетів (на 70,5%).

За застосування *no-till*-технології і оранки внесення добрив в обох досліджених дозах викликає зниження кількості азотобактера у 2,2 і 3,84 рази відповідно, під час проведення дискового обробітку

інгібувальної дії азотних мінеральних добрив на чисельність азотобактера не спостерігається, його чисельність, навпаки, зростає на 34,8% порівняно із варіантом без добрив і на 52,4% порівняно із варіантом удобрення дозою $N_{30}P_{30}K_{65}$. За дискування під впливом мінеральних добрив у дозі $N_{150}P_{100}K_{120}$ також збільшується чисельність педотрофів (на 27,6 і 26,1% відповідно), автохтонних і кислотоутворювальних мікроорганізмів (на 24,9 і 15,1%).

За проведення оранки на 25–27 см внесення мінеральних добрив у дозі $N_{150}P_{100}K_{120}$ викликає зменшення чисельності педотрофів порівняно із варіантом без добрив на 91,6%, щодо варіанта удобрення із дозою $N_{30}P_{30}K_{65}$ на 111,2%, для полісахаридсинтезувальних бактерій показники становили 2,92 і 2,47 рази, для актиноміцетів – 38,0 і 49,4%, мікроміцетів – 4,60 і 7,11%, автохтонних – 50,5 і 24,8%, кислотоутворювальних – 114,4 і 96,7%, для мобілізаторів мінеральних фосфатів – 37,7 і 133,1% відповідно. Зниження чисельності целюлозоруйнівних бактерій спостерігається тільки порівняно із варіантом без добрив – на 42,7%.

Чисельність і фізіолого-біохімічна активність полісахаридсинтезувальних мікроорганізмів є важливими індикаторними ознаками нестачі мінеральних елементів у ґрунті [9], оскільки бактеріальні полісахариди

інтенсифікують розчинення елементів з їх важкорозчинних форм вторинними метаболітами ґрунтових мікроорганізмів. У проведених дослідженнях високу кількість полісахаридсинтезувальних мікроорганізмів у варіанті без добрив (оранка) можна пояснити нестачею мінеральних елементів у ґрунті цього варіанта, за оптимізація мінерального живлення рослин чисельність мікроорганізмів цієї групи знижується: за $N_{30}P_{30}K_{65}$ – на 18,3%, за $N_{150}P_{100}K_{120}$ – на 192,2%. Однак, у варіанті дискування мінімальна доза добрив викликає збільшення чисельності полісахаридсинтезувальних мікроорганізмів на 78,5%, і тільки максимальна доза добрив призводить до зменшення їхньої чисельності на 118,2%. Поясненням цьому може бути інтенсивне споживання мінеральних елементів рослинами, що розвиваються, і за мінімальної дози добрив спостерігається певний дефіцит елементів, що і сприяє росту чисельності полісахаридсинтезувальних мікроорганізмів. У варіанті застосування *no-till*-технології всі досліджені дози добрив викликають збільшення чисельності полісахаридсинтезувальних мікроорганізмів, вірогідно, через ту саме причину – недостатню розчинність добрив у ґрунті і формування певного дефіциту мінеральних елементів.

Високий вміст кислотоутворювальних мікроорганізмів у ґрунті варіанта оранки без добрив (контроль) свідчить, на наш погляд, про недостатню забезпеченість ґрунту цього варіанта основними макроелементами. Органічні і мінеральні кислоти, як відомо, беруть активну участь у переведенні мінеральних елементів із важкодоступних форм у доступні рослинам форми [10–12], тому збільшення чисельності кислотоутворювальних мікроорганізмів в ґрунтах збіднених на вміст макро- і мікроелементів є закономірним. Внесення мінеральних добрив у дозі $N_{30}P_{30}K_{45}$ призводить до зменшення чисельності кислотоутворювальних мікроорганізмів на 8,97%, $N_{150}P_{100}K_{120}$ – на 114,4%. Однак, за *no-till*-технології спостерігається протилежна тенденція: за оптимізації мінерального живлення чисельність кислотоутворювальних мікроорганізмів зростає на 37,3 і 72,5%. Аналогічні показники у варіанті дискового обробітку становили 8,47 і 24,9%. Причиною цього може бути нестача в ґрунті інших елементів, ніж ті, що входять до складу мінеральних добрив, наприклад, сірки, кальцію, що також викликає активізацію синтезу органічних і мінеральних кислот мікроорганізмами.

Дискування забезпечує активніше перебігання процесів мобілізації мінеральних елементів з їх

нерозчинних форм. Про це свідчить зокрема, збільшення чисельності полісахаридсинтезувальних, кислотоутворювальних та фосфатмобілізувальних мікроорганізмів саме за цього обробітку ґрунту. Так, чисельність полісахаридсинтезувальних бактерій у варіанті дискування без добрив перевищує чисельність мікроорганізмів цієї групи у варіанті *no-till*-технології на 20,0%, у варіанті оранки – на 17,1%. Відповідні показники для кислотоутворювальних мікроорганізмів сягали 33,1 і 19,6%; для фосфатмобілізувальних – 18,1 і 47,3%.

Дослідження такого показника як загальна чисельність мікроорганізмів є важливим для розуміння процесів, що перебігають у ґрунті під впливом основного обробітку, оскільки цей показник тісно корелює із рівнем ефективної родючості ґрунту [13; 14]. Найменшою величиною загальної чисельності мікроорганізмів характеризується варіант із застосуванням *no-till*-технології без добрив, середньою – оранка, і максимальною – мілкий дисковий обробіток. Внесення мінеральних добрив призводить до збільшення загальної чисельності мікроорганізмів у варіанті *no-til*-технології на 6,04% ($N_{30}P_{30}K_{45}$) і 13,3% ($N_{150}P_{100}K_{120}$). У варіанті дискування внесення добрив призводить до зростання чисельності мікроорганізмів за мінімальної дози добрив на 12,8%, за максимальної дози добрив – на 3,43%. За застосування оранки відбувається зменшення чисельності мікроорганізмів вже за мінімальної дози добрив.

Усі ці спостереження свідчать про те, що у варіанті застосування *no-till*-технології внесення добрив у дозі $N_{150}P_{100}K_{120}$ покращує мінеральне живлення рослин, а у варіантах дискування і оранки є понаднормовою дозою і викликає інгібування мікробіологічних процесів, які є відображенням процесів росту рослин. Це знаходить підтвердження і в закономірностях змін фізіолого-біохімічної активності клітин мікроорганізмів (табл. 2). Так, за використання *no-till*-технології внесення добрив у дозі $N_{150}P_{100}K_{120}$ не призводить до зниження ВФК мікроорганізмів більшості вивчених груп, і навіть підвищує фізіолого-біохімічну активність клітин олігонітрофілів, азотобактера, кислотоутворювальних, автохтонних, полісахаридсинтезувальних бактерій і мікроміцетів.

У варіанті проведення дискового обробітку спостерігаються більш складні закономірності впливу агротехнічних заходів на фізіолого-біохімічну активність клітин: амоніфікувальні мікроорганізми більш активні за мінімальної дози добрив, і найменш активні – за

Таблиця 2. Вірогідність формування колоній мікроорганізмів (λ , год⁻¹ · 10⁻²) у ґрунті, фаза цвітіння, чорнозем типовий, 2021р.

№	Варіант	Амоніфікатори	Імобілізатори мінерального азоту	Олігонітрофіли	Азотобактер	Кислотоутворювальні	Педотрофи	Автохтонні	Целюлозоруйнівні	Мікроміцети	Актиноміцети	Полісахаридсинтезувальні
1	<i>No-till</i> -технології, без добрив	6,104	5,955	1,414	0,432	0,279	2,904	0,756	3,278	0,662	0,631	0,868
2	<i>No-till</i> -технології N ₃₀ P ₃₀ K ₆₅	3,852	4,590	1,344	0,001	0,663	1,673	0,652	2,099	0,736	0,940	0,887
3	<i>No-till</i> -технології N ₁₅₀ P ₁₀₀ K ₁₂₀	6,100	5,050	2,809	0,552	0,729	2,417	0,873	2,927	1,432	0,761	1,107
4	Дискування, без добрив	6,016	6,722	2,887	2,167	0,182	3,124	0,771	3,684	0,676	1,111	0,350
5	Дискування, N ₃₀ P ₃₀ K ₆₅	9,171	4,770	2,074	0,350	0,383	3,489	0,716	4,605	1,047	0,674	0,580
6	Дискування, N ₁₅₀ P ₁₀₀ K ₁₂₀	4,260	4,422	1,191	0,149	0,825	3,207	0,821	3,509	0,475	1,104	0,444
	Оранка, без добрив	4,848	5,699	1,803	2,517	1,201	1,838	0,874	1,952	0,321	0,311	0,690
	Оранка, N ₃₀ P ₃₀ K ₆₅	1,730	5,366	1,328	1,427	0,863	1,141	1,131	2,322	1,012	0,691	0,715
	Оранка, N ₁₅₀ P ₁₀₀ K ₁₂₀	1,616	6,776	2,782	0,800	0,442	0,925	0,664	0,798	0,688	0,389	0,241

N₁₅₀P₁₀₀K₁₂₀, що цілком закономірно, оскільки екзогенний азот пригнічує діяльність і фізіолого-біохімічну активність амоніфікаторів. Імобілізатори мінерального азоту, олігонітрофіли, мікроміцети і азотобактер мають максимальну ВФК у варіанті без добрив. Педотрофи, актиноміцети, целюлозоруйнівні мікроорганізми найактивніші за мінімальної дози добрив (N₃₀P₃₀K₆₅). Клітини кислотоутворювальних мікроорганізмів мають найбільшу фізіологічну активність за максимальної дози мінеральних добрив у варіантах застосування *no-till*-технології і дискування, за оранки – навпаки.

У варіанті оранки без добрив найбільшу ВФК мають амоніфікатори, азотобактер і педотрофи; у варіанті із мінімальною дозою добрив – кислотоутворювальні, автохтонні, целюлозоруйнівні, мікро- і актиноміцети, полісахаридсинтезувальні бактерії; у варіанті із максимальною дозою добрив найбільш активні імобілізатори мінерального азоту та олігонітрофіли. Отже, активність мікроорганізмів основних агрономічно цінних груп залежить від сукупності діючих чинників: способу основного обробітку ґрунту, дози внесених мінеральних добрив, погодних умов вегетаційного періоду.

Висновки

1. Максимальною величиною загальної чисельності мікроорганізмів за всіх використаних доз добрив характеризується варіант із застосуванням дискового мілкового обробітку на 10–12 см, середньою – *no-till*-технологія, найменшою – оранка на 25–27 см.

2. Внесення мінеральних добрив призводить до збільшення загальної чисельності мікроорганізмів у варіанті *no-till*-технології на 6,04% за дози добрив N₃₀P₃₀K₄₅ і на 13,3% за дози добрив N₁₅₀P₁₀₀K₁₂₀. Для варіанта дискування відповідні показники становили 12,8 і 3,43%. За застосування оранки відбувається зменшення чисельності мікроорганізмів вже за мінімальної дози добрив.
3. За всіх використаних доз добрив чисельність амоніфікаторів є максимальною в ґрунті, обробленому за допомогою дискування, середня чисельність спостерігається за *no-till*-технології, мінімальна – за використання оранки.
4. Через нестачу мінеральних елементів у ґрунті контрольних варіантів виявлена висока чисельність полісахаридсинтезувальних, кислотоутворювальних і фосфатмобілізуювальних мікроорганізмів, які здійснюють розчинення важкодоступних форм мінеральних елементів. Оптимізація мінерального живлення рослин призводить до зменшення чисельності мікроорганізмів цих груп, за виключенням варіанта *no-till*-технології, де за внесення мінеральних добрив чисельність кислотоутворювальних мікроорганізмів зростає на 37,3 і 72,5%. Причиною цього може бути нестача в ґрунті інших елементів, ніж ті, що входять до складу мінеральних добрив, а також недостатня розчинність внесених добрив.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бородин И.П., Павлов И.П., Карпинский А.П., Комаров В.Л. Записка об ученых трудах проф. С.П. Костычева. *Изв. РАН*. Сер. 6. 1923. Т. 17.
2. В. В. Медведєв, Пліско І.В., Накісько С.Г. Фізична деградація орних ґрунтів України (оцінювання, профілактика, призупинення). 2020. 257 с.
3. Ґрунтозахисна біологічна система землеробства в Україні; за ред. Шикולי М.К. Київ: НАУ України, 2000. 380 с.
4. Иутинская Г.А., Пономаренко С.П., Андреюк Е.И. и др. Биорегуляция микробно-растительных систем: монография. Киев: Ничлава, 2010. 464 с.
5. *Methods in Applied Soil Microbiology and Biochemistry* (2010). Editors Kassem Alef, Paolo Nannipieri. Elsevier: Academy Press. 425 p. doi :<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-513840-6.X5014-9>.
6. Paul E.A. *Soil Microbiology, Ecology and Biochemistry*. 2015. 4th edn. Fort Collins: Elsevier Science. Doi: <https://doi.org/10.1016/C2011-0-05497-2>.
7. Malynovska I.M. Irection and strength of microbiological processes in lavers of grey forest soil under different regimes of management. *Biotechnologia Acta*. 2019. 12. 6. Doi:doi.org/10.15407/biotech12.06.065.
8. Rusakova, I.V. Biological properties of soddy-podzolic sandy loam soil with prolonged use of straw for fertilization. *Eurasian Soil Science*. 2013. 12. 1485–1493. doi: 10.7868/S0032180X13120101.
9. Малиновська І.М. Агроекологічні основи мікробіологічної трансформації біогенних елементів ґрунту: автореф. доктор. дис. Київ, 2003. 34 с.
10. Alori E.T., Glick B.R., Babalola O.O. Microbial phosphorus solubilization and its potential for use in sustainable agriculture. *Front Microbiol*. 2017. 8. 971. DOI: [org/10.3389/fmicb.2017.00971](https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.00971).
11. Sharma S.B., Sayyed R.Z., Trivedi M.H., Gobi T.A. Phosphate solubilizing microbes: sustainable approach for managing phosphorus deficiency in agricultural soils. *Springer Plus*. 2013. 2.P.1–14. DOI: 10.1186/2193-1801-2-587.
12. Malynovska I.M. Decomposition of phosphorus-containing compounds in aqueous and polysaccharide solutions of organic acids. *Biotechnologia Acta*. 2023. 16. 3.P. 59–64. Doi: <https://doi.org/10.15407/biotech16.03.059>.
13. Малиновська І. М. Деклараційний патент України на корисну модель № 105876 «Спосіб оцінювання екологічного стану ґрунтів». Публікація Бюл. від 11.04.2016 р.
14. Малиновська І.М., Ткаченко М.А. Система діагностичних показників ефективної родючості сірого лісового ґрунту. *Землеробство*. 2017. Вип.1 (92). С.36–43.

REFERENCES

1. Borodyn Y.P., Pavlov Y.P., Karpynskiy A.P., Komarov V.L. (1923). Zapyska ob uchenykh trudakh prof. S.P. Kostycheva. *Yzv. RAN*, 6, 17 [in Russian].
2. V.V. Medvedjev, Plisko I.V., Nakisjko S.Gh. (2020). Fizichna deghradacija ornykh ghruntiv Ukrajinu (ocinjuvannja, profilaktyka, pryzupynennja). 257 p. [in Ukrainian].
3. Gruntozakhysna biolohichna systema zemlerobstva v Ukrajinu (2000). / za red. Shykuly M.K. Kyiv: NAU Ukrainy. 380 p. [in Ukrainian].
4. Yutynskaja Gh.A., Ponomarenko S.P., Andrejuk E.Y. y dr. (2010). Byoreghuljacija mykrobno-rastytel'nykh system: monohrafyja. Kyev: Nychlava 464 p. [in Russian].
5. *Methods in Applied Soil Microbiology and Biochemistry* (2010). Editors Kassem Alef, Paolo Nannipieri. Elsevier: Academy Press. 425 p. doi :<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-513840-6.X5014-9> [in English].
6. Paul E.A. *Soil Microbiology, Ecology and Biochemistry* (2015). 4th edn. Fort Collins: Elsevier Science. Doi: <https://doi.org/10.1016/C2011-0-05497-2> [in English].
7. Malynovska I.M. (2019). Irection and strength of microbiological processes in lavers of grey forest soil under different regimes of management. *Biotechnologia Acta.*, 12., 6. Doi:doi.org/10.15407/biotech12.06.065 [in English].
8. Rusakova, I.V. (2013). Biological properties of soddy-podzolic sandy loam soil with prolonged use of straw for fertilization. *Eurasian Soil Science*, 12, 1485–1493. doi: 10.7868/S0032180X13120101 [in English].
9. Malynovska I.M. (2003). Aghroekolohichni osnovy mikrobiolohichnoji transformaciji bioghenykh elementiv gruntu: avtoref. doktor. dys. Kyiv. 34 p. [in Ukrainian].
10. Alori E.T., Glick B.R., Babalola O.O. (2017). Microbial phosphorus solubilization and its potential for use in sustainable agriculture. *Front Microbiol.*, 8, 971. DOI: [org/10.3389/fmicb.2017.00971](https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.00971) [in English].

11. Sharma S.B., Sayyed R.Z., Trivedi M.H., Gobi T.A. (2013). Phosphate solubilizing microbes: sustainable approach for managing phosphorus deficiency in agricultural soils. *Springer Plus.*, 2, 1–14. DOI: 10.1186/2193-1801-2-587 [in English].
12. Malynovska I.M. (2023). Decomposition of phosphorus-containing compounds in aqueous and polysaccharide solutions of organic acids. *Biotechnologia Acta.*, 16, 3, 59–64. Doi: <https://doi.org/10.15407/biotech16.03.059> [in English].
13. Malynovska I. M. (2016). Deklaracijnyj patent Ukrainy na korysnu modelj. № 105876 «Sposib ocinjuvannja ekologhichnogho stanu gruntiv». Publikacija Bjul. vid 11.04.2016 r. [in Ukrainian].
14. Malynovska I.M., Tkachenko M.A. (2017). Systema diagnostychnykh pokaznykiv efektyvnoji rodjuchosti sirogho lisovogho gruntu. *Zemlerobstvo*, 1 (92), 36–43 [in Ukrainian].

Malynovska I. M., Zadubynna Ye.V., Kaminskyi V.F.

The number and physiological activity of microorganisms of the chernozem typical under different methods of the main soil cultivation

Aim. The study is to investigate the influence of the basic soil tillage method under the different level of mineral fertilizer on the number and physiological activity of microorganisms of typical chernozem. **Methods.** Microbiological, laboratory-analytical, statistical. The investigation was conducted with the usage of soil samples of stationary research study of short-rotational crop revolutions. It was established in 2009 at the Panfil research station of the NSC "IA NAAS". **Results.** Plowing method (25–27 cm) shows the smallest amount of microorganisms, No-till technologies represent the middle one, ecodeck cultivation (10–12 cm) manifests the highest one. Mineral fertilizing leads to the increase of the total number of microorganisms for No-till technologies in 6.04% ($N_{30}R_{30}K_{45}$) and in 13.3% ($N_{150}R_{100}K_{120}$), for disc cultivation – in 12.8 and 3.43% respectively. The highest amount of ammonifiers have been found for the disking method without fertilizers, 236% less – for No-till technologies, 56.3% less – for plowing. Disking provides more active mobilization processes of mineral elements from their insoluble forms, that is confirmed by increased number of polysaccharide-synthesizing, acid-forming and phosphate-mobilizing microorganisms. The number of polysaccharide synthesizing bacteria for disking without fertilizers exceeds the number of microorganisms of such a group for No-till technologies in 20.0%, for plowing – in 17.1%. Such indicators for acid-forming microorganisms show 33.1 and 19.6%, for phosphate-mobilizing ones – 18.1 and 47.3%. It is manifested that the physiological and biochemical activity of agronomically valuable groups of cells of microorganisms depends on the method of main tillage, doses of mineral fertilizers and physiological affiliation of the group itself. **Conclusions.** Under the moistening conditions of the growing season in 2021 disking is turned to be the most optimal method of tillage for growing sunflowers.

Key words: microorganisms, ammonifiers, autochthonous, polysaccharide-synthesizing microorganisms, typical chernozem.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Малиновська І.М., доктор с.-г. наук, член-кореспондент НААН, ННЦ «ІЗ НААН», e-mail: irina.malinovskaya.1960@ukr.net, ORCID : 0000-0001-8002-7139.

Задубинна Є.В., канд. с.-г. наук, Панфільська дослідна станція ННЦ «ІЗ НААН», e-mail: liza_zadubinna@ukr.net, ORCID : 0000-0002-9428-5603.

Malynovska I. M., Doctor of Agricultural Sciences, Corresponding Member of NAAS, NSC «Institute of Agriculture of the NAAS», e-mail: irina.malinovskaya.1960@ukr.net, ORCID : 0000-0001-8002-7139.

Zadubynna Ye.V., Candidate of Agricultural Sciences, Panfilska Experimental Station, NSC «Institute of Agri-

Камінський В.Ф., доктор с.-г. наук, професор, академік НААН, ННЦ «ІЗ НААН», ORCID : 0000-0002-9668-6742.

culture of the NAAS», e-mail: liza_zadubinna@ukr.net, ORCID : 0000-0002-9428-5603.

Kaminskyi V.F., Doctor of Agricultural Sciences, Prof., Acad. of NAAS, NSC «Institute of Agriculture of the NAAS», ORCID : 0000-0002-9668-6742.

Надійшла 05.10.2023

ЗМІНА ВЛАСТИВОСТЕЙ ТЕМНО-СІРОГО ОПІДЗОЛЕНОГО ГРУНТУ ЗА РІЗНОГО АГРОХІМІЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ

Л.І. Шкарівська, Г.В. Давидюк, І.І. Клименко, Н.І. Довбаш, М.А. Кушук, В.В. Гірник

ННЦ «ІЗ НААН» (сmt Чабани, Україна)

Мета. Провести аналіз змін фізико-хімічних і агрохімічних властивостей темно-сірого опідзоленого ґрунту за різних систем землеробства порівняно із ґрунтом, що тривалий час перебуває у стані перелогу. **Методи.** Для проведення досліджень використовували метод агроекологічного моніторингу, лабораторний та статистичний. Дослідження проводили на 3-х територіально близьких стаціонарних ділянках екологічного моніторингу ННЦ «ІЗ НААН»: ділянка № 1 – екстенсивна система землеробства, № 2 – інтенсивна система землеробства, № 3 – переліг. **Результати.** За інтенсивної системи землеробства помічено підкислення ґрунтового розчину, зменшення на 24,0% суми вбирних основ, покращання поживного режиму ґрунту: уміст легкогідролізних сполук азоту був на 35,0% вищим, ніж за екстенсивної системи землеробства, забезпеченість ґрунту сполуками рухомого фосфору і калію була дуже високою (297,6 і 199,2 мг/кг). Відзначено тенденцію до накопичення гумусу. За екстенсивної системи землеробства відбувалось зниження потенційної родючості ґрунту – ємність обміну катіонів зменшилась на 28,6%, уміст гумусу був на рівні від 1,49 до 1,55%, кількість рухомих сполук фосфору та калію зменшилась на 20,0 і 21,9%. Переведення ріллі у стан перелогу не мало істотного впливу на родючість. **Висновки.** За 35-річний термін різного використання ґрунтів відзначено певні зміни у показниках їх родючості. Запровадження інтенсивної системи землеробства призводило до підкислення ґрунтового розчину, покращання поживного режиму ґрунту та помічено тенденцію до накопичення гумусу. За екстенсивної системи землеробства відбувалось зниження потенційної родючості ґрунту. Переведення ріллі у стан перелогу не мало істотного впливу на зміну сукупності властивостей ґрунту, що впливають на родючість, проте порівняно з ділянкою з екстенсивним землеробством не відбувалось зменшення суми вбирних основ та умісту гумусу.

Ключові слова: антропогенне навантаження, біогенні елементи, моніторинг, перелоги, система землеробства.

Вступ. Ґрунти є основою всього сільськогосподарського виробництва. Ще В. І. Вернадський розглядав ґрунт як складову біосфери, її продукт та підсистему. Він називав ґрунт найважливішою за своїми геохімічними наслідками лабораторією, в якій відбуваються біогеохімічні процеси [1]. Дуже важливою властивістю ґрунту є його родючість, яка визначається комплексом екологічних умов, що впливають на його розвиток. Процеси ґрунтоутворення займають досить тривалий період, який може змінюватись із часом і залежить від багатьох чинників [2].

Серед умов, які впливають на стан ґрунтів, найважливіші пов'язані з їх використанням [3]. Антропогенний вплив на ґрунтоутворні процеси слід розглядати як інтегральний, незалежний, важливий і самостійний

чинник [4–5]. Сучасне землеробство з його постійним впливом на екосистеми ґрунту впливає на всі процеси ґрунтоутворення. Унаслідок застосування різних способів обробітку порушується водно-повітряний режим ґрунту, під впливом систематичного надходження добрив, меліорантів та пестицидів змінюються не лише хімічні (реакція середовища і поживний режим), а й біологічні характеристики ґрунту [6]. За певних умов це призводить до збільшення кількості деградованих ґрунтів. Науковці відмічають, що в Україні спостерігаються втрати гумусу та елементів живлення на 43% усіх площ [7].

Соціально-економічні зміни, що відбулись упродовж останніх десятиліть в Україні призвели до певних змін у структурі сільськогосподарських угідь. На

Таблиця 1. Фізико-хімічні властивості темно-сірого опідзоленого ґрунту за різних умов використання, середнє за 2021–2023 рр.

Ділянка	Сума вбирних основ, м-екв/100 г				Гідролітична кислотність, м-екв/100 г				Ступінь насичення основами, %			
	2021	2022	2023	середнє	2021	2022	2023	середнє	2021	2022	2023	середнє
Екстенсивне землеробство	9,6	9,7	8,7	9,3	1,82	1,69	1,56	1,69	84,1	85,2	84,8	84,7
Інтенсивне землеробство	8,4	11,0	9,1	9,5	1,67	2,16	2,41	2,08	83,4	83,5	79,1	82,0
Переліг	10,1	11,0	11,5	10,9	1,12	1,40	1,63	1,38	90,0	88,7	87,6	88,8

частині орних земель, що використовуються для вирощування сільськогосподарських культур: у господарствах із певним економічним рівнем широко впроваджують інтенсивні системи землеробства, у господарствах із низькою економічною спроможністю – екстенсивне землеробство, частина ґрунтів взагалі вилучається з обробітку. Такі процеси відбуваються в усіх ґрунтово-кліматичних зонах і на різних типах ґрунтів, зокрема і на темно-сірих лісових, площа яких в Україні становить близько 193,7 тис га, з них 184,3 тис. га використовується як рілля [8; 9]. У лісостеповій зоні на частку таких ґрунтів припадає 13,2% усієї площі [10].

Тому, дослідження впливу різних способів використання темно-сірого опідзоленого ґрунту на зміни основних показників його родючості залишається актуальним.

Об'єкт та методи досліджень. Дослідження проводили впродовж 1987–2023 рр. на темно-сірому опідзоленому ґрунті на 3-х територіально близьких стаціонарних ділянках екологічного моніторингу ННЦ «ІЗ НААН» за різних умов використання: ділянка № 1 – екстенсивна система землеробства, що передбачала періодичне внесення меліорантів та заорювання побічної продукції попередника, № 2 – інтенсивна система землеробства, що передбачала періодичне внесення меліорантів, побічної продукції та мінеральних добрив у дозі $N_{105,0}P_{86,3}K_{101,3}$ на 1 га сівозмінної площі, № 3 – ділянка виведена із сільськогосподарського обробітку з 1987 р. (переліг). На ділянках із різними системами землеробства вирощували сільськогосподарські культури відповідно до схеми сівозміни, затвердженої у тривалому досліді відділу технологій зернових колосових культур ННЦ «ІЗ НААН» за традиційними для Лісостепу технологіями.

За морфогенетичними ознаками ґрунти досліджуваних ділянок ідентичні, сформовані в однотипних геоморфологічних умовах, на однакових елементах рельєфу та материнській породі. Для них характерна

достатньо глибока гумусованість профілю, в якому виділяються горизонти He – гумусовий, потужністю 29–30 см, Hi – гумусово-ілювіальний (20–30 см), Ih – ілювіальний (20 см), Phi – (30 см) та Ph – лесовидний суглинок із затіками гумусу [11].

Відбір проб здійснювали на глибину орного шару ґрунту 0–20 см. Їх агрохімічний аналіз проводили згідно з методиками, затвердженими в Україні. Статистичну обробку даних виконували з використанням стандартних комп'ютерних програм Microsoft Office Excel 2010 і Statistica.

Результати та їх обговорення. Оцінку змін основних показників родючості темно-сірого опідзоленого ґрунту – його гумусового стану, фізико-хімічних показників і поживного режиму за різних умов використання проводили порівнюючи їх з аналогічними показниками з ділянки перелігу.

Результати агрохімічних досліджень ґрунту з перелігу показали, що після початку проведення моніторингу, обмінна кислотність дещо підвищилась від 5,2 до 5,5 одиниць рН. Уміст суми вбирних основ залишився на рівні середньої забезпеченості (табл. 1).

Вирощування сільськогосподарських культур за екстенсивної системи землеробства, за понад 35 років, не призвело до істотних змін величини обмінної кислотності. У середньому за 2021–2023 рр. цей показник був на рівні 5,25 одиниць рН. Уміст суми вбирних основ знизився до низького рівня

Таблиця 2. Уміст гумусу в пробах темно-сірого опідзоленого ґрунту за різних умов використання, середнє за 2021–2023 рр., %

Ділянка	Уміст гумусу			
	2021	2022	2023	середнє
Екстенсивне землеробство	1,49	1,55	1,50	1,51
Інтенсивне землеробство	1,92	1,82	1,66	1,80
Переліг	2,09	2,20	1,84	2,04

Таблиця 3. Зміни вмісту елементів живлення в темно-сірому опідзоленому ґрунті за різних умов використання, середнє за 2021–2023 рр., мг/кг ґрунту

Ділянка	Легкогідролізний азот, N	Рухомий фосфор, P ₂ O ₅	Рухомий калій, K ₂ O
		за Чириковим	
Екстенсивне землеробство	70,1	127,1	109,3
Інтенсивне землеробство	82,3	297,6	199,2
Переліг	94,7	171,7	134,2

забезпеченості – 9,3 м-екв/100 г за коефіцієнта варіації 5,9%, а ємність обміну катіонів зменшилась на 28,6% порівняно з вихідними показниками.

Запровадження інтенсивної системи землеробства з внесенням значної кількості мінеральних добрив не зважаючи на проведення періодичного вапнування призвело до істотних змін у ГВК. Зокрема показники обмінної кислотності знизилась на 0,4 одиниць рН і ґрунти змістились із градації слабокислих до середньо-кислих, уміст суми вбирних основ також як і за екстенсивної системи землеробства не перевищував показники низького рівня забезпеченості, ступінь насичення основами був найнижчим серед досліджуваних варіантів – 82,0% за коефіцієнта варіації 3,1%.

Уміст органічної речовини в перерахунку на гумус, у середньому за 2021–2023 рр., на всіх досліджуваних ділянках не перевищував низького рівня забезпеченості (табл. 2).

Найнижчий уміст гумусу (1,49–1,55%) був на варіанті з екстенсивною системою землеробства за коефіцієнта варіації $V = 2,1\%$. За інтенсивної системи землеробства його уміст був на відносних 19,2% вищим порівняно з екстенсивною системою землеробства, що вказує на тенденцію можливості ($НІР_{0,5} = 0,65–0,7$) нагромадження органічної речовини у ґрунті за таких умов. На перелозі уміст органічної речовини, у перерахунку на гумус, був найвищим 2,04% ($V=9,0\%$) серед досліджуваних варіантів. У середньому за роки досліджень, уміст гумусу на ділянці перелозу був на відносних 35,1% вищим порівняно до варіанта з екстенсивним землеробством, запаси гумусу у 0–20 см шарі ґрунту при цьому зросли на 4,7 т/га.

Отримані результати щодо забезпеченості ґрунтів основними елементами живлення свідчать за низький рівень у них сполук легкогідролізного азоту. На всіх досліджуваних ділянках його уміст був у межах дуже низького рівня забезпеченості (табл. 3).

Проте слід зазначити, що на перелоговій ділянці вміст легкогідролізних сполук азоту в ґрунті хоч

і був у межах дуже низького рівня забезпеченості ($V = 9,0\%$), але був майже на 35,01% вищим порівняно з екстенсивною системою землеробства. Уміст рухомих сполук фосфору у ґрунтах значно різнився залежно від способу їх використання. Найнижчими ці показники були на ділянці з екстенсивним землеробством, у середньому за роки досліджень, становили 127,1 мг/кг, що майже на 20% менше ніж під час закладання дослідіду.

Уміст сполук рухомого фосфору на перелогах хоча і зріс лише на 7,3% від початкового рівня, проте, відповідав підвищеному рівню забезпеченості ґрунту цими сполуками за незначного рівня варіювання ($V=6,7\%$). Систематичне внесення мінеральних добрив за інтенсивної системи землеробства сприяло найбільшій, серед досліджуваних ділянок, акумуляції сполук рухомого фосфору та калію у ґрунті, що підтверджується і нашими попередніми дослідженнями [12]. Їх уміст відповідно становив 297,6 та 199,2 мг/кг, що відповідало дуже високим рівням забезпеченості. Порівняно до вихідних показників уміст сполук рухомого фосфору збільшився майже на 86,0%, а калію на 42,3%.

На перелоговій ділянці вміст сполук рухомого калію (середнє за 2021–2023 рр.) становив 134,2 мг/кг ($V=4,3\%$), що було майже в межах вихідного рівня (зменшення становило лише 4,1%).

Отже, тривале застосування різного способу використання темно-сірого опідзоленого ґрунту мало певний вплив на показники його родючості.

Висновки

Тривале перебування ґрунту у стані перелозу сприяло зменшенню показника обмінної кислотності близько у 1,1 раза. Уміст суми вбирних основ за цих умов знизився на 12,8%, рівень забезпеченості органічною речовиною у перерахунку на гумус був найвищим – 2,04% ($V = 9,0\%$) серед досліджуваних варіантів. Уміст рухомих сполук фосфору і калію у ґрунті залишився майже без змін.

За екстенсивного землеробства обмінна кислотність залишилась на вихідному рівні, але зменшувався уміст суми вбирних основ до 9,3 м-екв/100 г ($V=4,3\%$) і ємність обміну катіонів на 28,6%. Уміст гумусу був на рівні 1,49–1,55%. Кількість сполук рухомого фосфору та калію зменшилася відповідно на 20,0% та 21,9%.

Запровадження інтенсивної системи землеробства з щорічним внесенням високих доз мінеральних

добрих призводило до зниження показників обмінної кислотності від слабокислої до середньокислої; уміст суми вбирних основ зменшився майже на 24,0%, а ступінь насичення основами був найнижчим серед досліджуваних варіантів і становив 82,0% за коефіцієнта варіації $V = 3,1\%$. Уміст сполук рухомого фосфору та калію у ґрунті був на дуже високому рівні і відповідно становив 297,6 і 199,2 мг/кг, що було майже на 86,0% та 42,3% вище вихідних значень.

ЛІТЕРАТУРА

1. Яцук І.П. Місце і роль ґрунтів у концепції функціонування ноосфери за В. І. Вернадським. *Вісник ХНАУ. Екологія ґрунтів*. 2013. № 1. С. 269–273.
2. Dror I., Yaron B., Berkowitz B. The Human Impact on All Soil-Forming Factors during the Anthropocene. *ACS Environ. Au.* 2022. № 2 (1). P. 11–19. DOI: 10.1021/acsenvironau.1c00010.
3. Булигін С.Ю. Формування екологічно сталих агроландшафтів. Київ : Урожай, 2005. 300 с.
4. Richter D.D. Humanity's transformation of earth's soil: pedology's new frontier. *Soil Sci.* 2007. № 172. P. 957–967, DOI: 10.1097/ss.0b013e3181586bb7.
5. Certini G., Scalenghe R., Woods W. The impact of warfare on the soil environment. *Earth-Sci. Rev.* 2013. № 127. P. 1–15. DOI: 10.1016/j.earscirev.2013.08.009.
6. Балюк С.А., Кучер А.В., Максименко Н.В. Ґрунтові ресурси України: стан, проблеми і стратегія сталого управління. *Український географічний журнал*. 2021. № 2(114). С. 3–11. DOI: 10.15407/ugz2021.02.003.
7. Трускавецький Р.С., Цапко Ю.Л. Основи управління родючістю ґрунтів. Харків : ФОП Бровін О.В., 2016. 388 с.
8. Паньків З.П. Ґрунти України: навчально-методичний посібник. Львів : ЛНУ ім. І.Франка, 2017. 112 с.
9. Полупан М.І., Соловей В.Б., Величко В.А. Класифікація ґрунтів України. Київ : Аграрна наука, 2005. 300 с.
10. Полупан М.І., Соловей В.Б., Полупан В.І., Величко В.А. Коефіцієнт відносної акумуляції гумусу – об'єктивний діагностичний показник еколого-генетичного статусу ґрунту. *Вісник аграрної науки*. 2001. Спец. вип. С. 32–38.
11. Гамалей В.І., Шкарівська Л.І. Гумусний стан темно-сірого опідзоленого ґрунту за різних систем удобрення. *Вісник аграрної науки*. 2009. № 12. С. 19–22.
12. Давидюк Г.В., Шкарівська Л.І., Клименко І.І., Довбаш Н.І., Кушук М.А., Гірник В.В. Особливості нагромадження рухомого фосфору за різних систем землеробства в агроландшафтах. *Землеробство та рослинництво: теорія і практика*. 2022. Вип. 1 (3). С. 24–33. DOI: <https://doi.org/10.54651/agri.2022.01.03>.

REFERENCES

1. Yatsuk, I. P. (2013). Mistse i rol gruntiv u kontseptsii funktsionuvannia noosfery za V. I. Vernadskym [The place and role of soils in the concept of functioning of the noosphere according to V. I. Vernadskyi]. *Visnyk KhNAU. Ekolohiia gruntiv, 1*, 269–273 [in Ukrainian].
2. Dror, I., Yaron, B., & Berkowitz, B. (2022). The Human Impact on All Soil-Forming Factors during the Anthropocene. *ACS Environ. Au.*, 2 (1), 11–19. doi: 10.1021/acsenvironau.1c00010 [in English].
3. Bulyhin, S.Yu. (2005). Formuvannia ekolohichno stalykh ahrolandshaftiv [Formation of ecologically sustainable agricultural landscapes]. Kyiv : Urozhai [in Ukrainian].
4. Richter, D.D. (2007). Humanity's transformation of earth's soil: pedology's new frontier. *Soil Sci.*, 172, 957–967. doi: 10.1097/ss.0b013e3181586bb7 [in English].
5. Certini, G., Scalenghe, R., & Woods, W. (2013). The impact of warfare on the soil environment. *Earth-Sci. Rev.*, 127, 1–15. doi: 10.1016/j.earscirev.2013.08.009 [in English].
6. Baliuk, S.A., Kucher A.V., & Maksymenko, N.V. (2021). Gruntovi resursy Ukrainy: stan, problemy i stratehiia staloho upravlinnia [Soil resources of Ukraine: state, problems and strategy of sustainable management]. *Ukrainian Geographical Journal*, 2(114), 3–11. doi: 10.15407/ugz2021.02.003 [in Ukrainian].
7. Truskavetskyi, R.S., & Tsapko, Yu.L. (2016). Osnovy upravlinnia rodiuchistiu gruntiv [Fundamentals

- of soil fertility management]. Kharkiv : FOP Brovin O.V. [in Ukrainian].
8. Pankiv, Z.P. (2017). Grunty Ukrainy: navchalno-metodychnyi posibnyk [Soils of Ukraine: educational and methodological manual]. Lviv : LNU im. I. Franka [in Ukrainian].
 9. Polupan, M.I., Solovei, V.B., & Velychko, V.A. (2005). Klasyfikatsiia gruntiv Ukrainy [Soil Classification of Ukraine]. Kyiv : Ahrarna nauka [in Ukrainian].
 10. Polupan, M.I., Solovei, V.B., Polupan, V.I., & Velychko, V.A. (2001). Koefitsiient vidnosnoi akumulatsii humusu – obiektyvnyi diahnostychnyi pokaznyk ekoloho-henetychnoho statusu gruntu [Relative accumulation coefficient of humus – an objective diagnostic indicator of the ecological and genetic status of the soil]. *Bulletin of agrarian science. Special output.* 32-38 [in Ukrainian].
 11. Hamaliei, V.I., & Shkarivska, L.I. (2009). Humusnyi stan temno-siroho opidzolenoho hruntu za riznykh system udobrennia [Humus state of dark gray podzolized soil under different fertilization systems]. *Bulletin of agrarian science*, 12, 19–22 [in Ukrainian].
 12. Davydiuk, H.V., Shkarivska, L.I., Klymenko, I.I., Dovbash, N.I., Kushchuk, M.A., & Hirnyk, V.V. (2022). Osoblyvosti nahromadzhennia rukhomoho fosforu za riznykh system zemlerobstva v ahrolandshaftakh. [Features of mobile phosphorus accumulation under different systems of agriculture in agricultural landscapes]. *Zemlerobstvo ta roslynnytstvo: teoriia i praktyka*, 1(3), 24–33. doi: 10.54651/agri.2022.01.03 [in Ukrainian].

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

Changes in the native properties of dark gray podzolized soil under different agrochemical loads

Aim. To analyze changes in physicochemical and agrochemical properties of dark gray podzolized soil under different farming systems compared to soil that has been fallow for a long time. **Methods.** To conduct research, agroecological monitoring, laboratory and statistical methods were used. The research was conducted at 3 territorially close stationary sites of ecological monitoring of the NSC “IA of NAAS”: site No. 1 – extensive system of agriculture, No. 2 – intensive system of agriculture, No. 3 – fallow. **Results.** Under the intensive system of agriculture, acidification of the soil solution was noted, a decrease by 24.0% of the amount of absorbed bases, an improvement in the nutritional regime of the soil: the content of easily hydrolysable nitrogen compounds was 35.0% higher than under the extensive system of agriculture, the provision of the soil with compounds of mobile phosphorus and potassium was very high (297.6 and 199.2 mg/kg). A tendency to accumulation of humus was noted. Under the extensive system of agriculture, there was a decrease in the potential fertility of the soil – the cation exchange capacity decreased by 28.6%, the humus content was at the level of 1.49 to 1.55%, the amount of mobile compounds of phosphorus and potassium decreased by 20.0 and 21.9%. The conversion of arable land to fallow did not have a significant effect on fertility. **Conclusions.** During the 35-year period of different soil use, certain changes in their fertility indicators were noted. The introduction of an intensive farming system led to acidification of the soil solution, improvement of the nutrient regime of the soil, and a tendency to the accumulation of humus was noted. Under the extensive system of agriculture, there was a decrease in the potential fertility of the soil. The conversion of arable land to a fallow state did not have a significant effect on the change in the set of soil properties that affect fertility, however, compared to the area with extensive agriculture, there was no decrease in the amount of absorbent bases and content humus.

Key words: anthropogenic load, biogenic elements, monitoring, fallow, farming system.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Шкарівська Л.І., канд. с.-г. наук, с.н.с., провідний науковий співробітник, відділ агроекології і аналітичних досліджень, ННЦ «Інститут землеробства НААН», тел. (097) 047 28 15, e-mail: Luda_Shkarivska@i.ua, ORCID: 0000-0002-4928-3238.

Давидюк Г.В., канд. с.-г. наук, с.н.с., завідувач відділу агроекології і аналітичних досліджень, ННЦ «Інститут землеробства НААН», тел. (050) 383 50 90, e-mail: anndavydiuk@gmail.com, ORCID: 0000-0002-3877-2837.

Клименко І.І., канд. с.-г. наук, старший науковий співробітник, відділ агроекології і аналітичних досліджень, ННЦ «Інститут землеробства НААН», тел. (097) 542 80 80, e-mail: Ira_Klimenko@i.ua, ORCID: 0000-0001-9449-7377.

Довбаш Н.І., канд. с.-г. наук, старший науковий співробітник, відділ агроекології і аналітичних досліджень, ННЦ «Інститут землеробства НААН», тел. (097) 187 06 06, e-mail: Nadezda_D@ukr.net, ORCID: 0000-0002-4741-2657.

Кушук М.А., науковий співробітник, відділ агроекології і аналітичних досліджень, ННЦ «Інститут землеробства НААН», тел. (066) 446 44 48, e-mail: marinakushyk@gmail.com; ORCID: 0000-0002-3956-4423.

Shkarivska L.I., Cand. of Agricultural Sciences (Ph. D.), Leading Researcher, Department of Agroecology and Analytical Research, NSC «Institute of Agriculture of NAAS», ph. (097) 047 28 15, e-mail: Luda_Shkarivska@i.ua, ORCID: 0000-0002-4928-3238.

Davydiuk H.V., Cand. of Agricultural Sciences (Ph. D.), Senior Researcher, Head of the Department of Agroecology and Analytical Research, NSC «Institute of Agriculture of the NAAS», ph. (050) 383 50 90, e-mail: anndavydiuk@gmail.com; ORCID: 0000-0002-3877-2837.

Klymenko I.I., Cand. of Agricultural Sciences (Ph. D.), Senior Researcher Officer, Department of Agroecology and Analytical Research, NSC «Institute of Agriculture of NAAS», ph. (097) 542 80 80, e-mail: Ira_Klimenko@i.ua, ORCID: 0000-0001-9449-7377.

Гірник В.В., науковий співробітник, відділ агроекології і аналітичних досліджень, ННЦ «Інститут землеробства НААН», тел. (096) 338 94 01, e-mail: Girvik65@gmail.com, ORCID: 0000-0003-4256-6857.

Dovbash N.I., Cand. of Agricultural Sciences (Ph. D.), Senior Researcher Officer, Department of Agroecology and Analytical Research, NSC «Institute of Agriculture of NAAS», ph. (097) 187 06 06, e-mail: Nadezda_D@ukr.net, ORCID: 0000-0002-4741-2657.

Kushchuk M.A., researcher, Department of Agroecology and Analytical Research, NSC «Institute of Agriculture of NAAS», ph. (066) 446 44 48, e-mail: marinakushyk@gmail.com, ORCID: 0000-0002-3956-4423.

Hirnyk V.V., researcher, Department of Agroecology and Analytical Research, NSC «Institute of Agriculture of NAAS», ph. (096) 338 94 01, e-mail: Girvik65@gmail.com, ORCID: 0000-0003-4256-6857.

Надійшла 06.10.2023

ПШЕНИЦЯ, КУКУРУДЗА ТА СОНЯШНИК – ОСНОВНІ КУЛЬТУРИ УКРАЇНСЬКОГО ЕКСПОРТУ

О.С. Дем'янюк¹, Г.Д. Матусевич¹, С.О. Мазур¹, Д.О. Шацман², С.С. Бухтик¹, А.О. Посунько²

¹Інститут агроєкології і природокористування НААН (м. Київ, Україна)

²ТОВ «Євросем» (м. Київ, Україна)

Мета. Проаналізувати сучасний стан виробництва та експорту кукурудзи, пшениці й соняшника в світі та Україні, дослідити світовий ринок зернових і олійних культур і визначити місце України в ньому з урахуванням військової агресії РФ. **Методи.** Для проведення досліджень використано методи порівняння, узагальнення та аналізу статистичних даних. **Результати.** Аналіз світових статистичних даних показав, що найбільшими виробниками 2021–2023 рр. зерна кукурудзи є: США, Китай, Бразилія, країни Європи та Аргентина; соняшника – Україна, РФ, ЄС, Аргентина, Туреччина; пшениці – Китай, ЄС, Індія, РФ, США. Світове виробництво кукурудзи у 2023/24 маркетинговому році (МР) становило 1222,8 млн т, соняшника майже 57 млн т, пшениці 783,4 млн т. **Висновки.** Визначено основні країни виробники кукурудзи, пшениці та соняшника в світі. Наведено світову динаміку виробництва та експорту цих культур. Відображено місце України у світових рейтингах із виробництва й експорту пшениці, кукурудзи та соняшника. Вивчено основні чинники, що вплинули на врожайність цих культур, а саме зменшення посівних площ, порушення логістичних ланцюгів, зниження цін на внутрішньому ринку тощо.

Ключові слова: зернові культури, технічні культури, площа посіву, валовий збір, урожайність, експортний потенціал.

Вступ. Забезпечення продовольчої безпеки вважається як одне з пріоритетних завдань у світі. Повномасштабне вторгнення РФ на територію України підкреслило ключову роль України у забезпеченні глобальної продовольчої безпеки. Заблокований експорт сільськогосподарської продукції призвів до різкого підвищення цін на світовому ринку і створив ризики для діяльності агропродовольчого сектору країни та національної економіки загалом, а також сформував передумови для голоду сотень мільйонів людей по всьому світу. Згідно з даними ООН, зерно з України годувало понад 400 млн людей в світі. Отже, забезпечення продовольчої безпеки стає не лише національним завданням, а й важливою складовою у глобальному вимірі, де роль України виявляється надзвичайно істотною у забезпеченні стабільності та харчової безпеки для мільйонів людей у світі.

Майже 84 млн т зернових, олійних культур та продуктів їх переробки експортувала Україна від початку повномасштабної війни (станом на 30.09.2023). У трійці лідерів, серед агрокультур є кукурудза –

34,8 млн т (частка у структурі загального експорту – 41,59%), пшениця – 20,4 млн т (24,36%), соняшникова олія 7,3 млн т (8,71%), насіння соняшника – 3,3 млн т (4,02%). За 10 міс. війни 2022 р. Україна відвантажила 15,56 млн т кукурудзи, 8,6 млн т пшениці, 3,3 млн т соняшникової олії. У 2023 р. за 9 міс. (січень–вересень) Україна експортувала 18,49 млн т кукурудзи, що на 3 млн т більше, ніж у попередньому році, 11,85 млн т пшениці та 4,0 млн т соняшникової олії, що на 0,7 млн т більше, ніж у 2022 р.

Попри ризики війни (труднощі з експортом, із реорганізацією логістики, подорожчання матеріально-технічного забезпечення тощо) Україна залишається одним із світових лідерів виробництва сільськогосподарської продукції.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Кукурудза одна з найцінніших кормових культур із високою енергетичною цінністю. За врожайністю зерна вона перевищує всі зернові культури. Зерно використовується на продовольчі цілі (20%), технічні (15–20%) і фуражні (60–65%). Зерно кукурудзи використовують, як основний незамінний компонент

концентрованого корму, придатного для годування всіх сільськогосподарських тварин. З нього виготовляють понад 150 харчових і технічних продуктів: борошно, крупу, пластівці, крохмаль, сироп, глюкозу тощо. Крім того, з ростом цін на енергоресурси збільшився інтерес до використання зерна кукурудзи як найбільш дешевого матеріалу для виробництва біоетанолу [1].

До початку повномасштабного вторгнення РФ на територію України кукурудза була другою культурою за площею вирощування. Це зумовлено як зручним географічним розташуванням, яке створює сприятливі умови для вирощування цієї культури, так і попитом на високоякісну українську продукцію у світі. Нині частка кукурудзи у посівах сільськогосподарських культур зменшилась. Українські і міжнародні експерти визначають, що це стало наслідком блокування українських портів і зниження цін на внутрішньому ринку, через підвищення собівартості вирощування (живлення кукурудзи потребує внесення великої кількості азотних добрив) та сушіння.

У результаті, якщо у 2021 р. сільськогосподарські площі кукурудзи сягали 5,4 млн га, то в 2022 р. – вони зменшилися 1,2 раза до 4,5 млн га, а в 2023 р. – зменшились в 1,35 раза до 4,0 млн га [2].

В Україні найбільші площі під кукурудзою були в Полтавській обл. (до 2022 р. – 642,8 тис. га), Чернігівській обл. (до 2022 р. – 555,8 тис. га), Вінницькій (до 2022 р. – 456,7 тис. га) та Сумській (до 2022 р. – 459,9 тис. га). Якщо у 2021 р. у Сумській обл. посіли 495,5 тис. га, то в 2022 р. – всього 277,4 тис. га. Основними причинами зменшення посівних площ є економічні, які визначають значні витрати на сушіння зерна кукурудзи та логістику. Також агровиробники зменшують ФАО кукурудзи. Вони віддають перевагу меншому ФАО, щоб кукурудза встигла запилюватися до піку температури.

Згідно зі статистичними даними у 2021 р., сільськогосподарські площі під пшеницею становили 7090,2 тис. га. Найбільші збиральні площі пшениці в Україні були в Запорізькій (706,7 тис. га), Харківській (589,4 тис. га), Одеській (678,5 тис. га) та Дніпропетровській (561,1 тис. га) обл. [2].

Наразі в умовах війни у 2022 р. площі під пшеницею скоротилися на 1808,7 тис. га і становили 5281,5 тис. га. Найбільшими за збиральними площами залишились Одеська та Дніпропетровська обл. – 663,0 та 522,5 тис. га відповідно.

У 2023 р. в Україні урожай пшениці було зібрано з площі 4694,0 тис. га. Валовий збір пшениці озимої і ярої становив 22,41 млн т при середній урожайності 4,76 т/га. У трійці лідерів серед областей, де зібрали найбільше пшениці стали Одеська – 2 млн 251 тис. т, Хмельницька – 1 млн 863 тис. т, Дніпропетровська – 1 млн 993 тис. т.

Різним питанням ринку зернових культур присвячено значну кількість досліджень вітчизняних учених. Так, дослідження світового ринку кукурудзи та місце України в ньому відображено у працях І. Процик, О. Лотиш, І. Сальман, П. Саблука, С. Васишин та ін. [3–7].

Соняшник є однією з основних олійних культур в Україні. За народногосподарською цінністю та значенням він не поступається таким поширеним повсюдно культурам, як пшениця, кукурудза, соя. Порівняно з іншими олійними культурами, соняшник дає найбільший вихід олії з одиниці площі (750 кг/га в середньому по Україні). На соняшникову олію припадає 98% загального виробництва олії в Україні.

У 2023 р. за даними Міністерства аграрної політики та продовольства України сівбу соняшника проведено на площі 5307,5 тис. га, яка більше, ніж у попередньому році (5292,8 тис. га) [2]. Найбільше площ під соняшником відведено в Кіровоградській – 633 тис. га, Дніпропетровській – 532,6 тис. га, Миколаївській – 460 тис. га, Полтавській – 435 тис. га та Одеській – 430 тис. га обл. Незважаючи на порушення сівозмін, погіршення стану ґрунту, фітосанітарний стан посівів та мінливість погодних умов соняшник має великий попит на внутрішньому та світовому ринку. Завдяки високій ліквідності соняшника постійно удосконалюються технологічні прийоми вирощування культури. Про це свідчить динаміка врожайності соняшника, яка за період 2014–2021 рр. зросла з 19,4 по 24,6 ц/га [2]. У 2022 р. через окупацію південних регіонів України та цілеспрямоване знищення посівів, мінування полів відбулося зменшення посівної площі до 5 293 тис. га, а нестабільність погодних умов, як наслідок глобального потепління та потрапляння різноманітних забруднюючих речовин внаслідок бойових дій, призвела до зменшення середніх показників урожайності до 21,6 ц/га.

Дослідженню вітчизняного та світового ринку соняшника присвячено роботи Чехова С.А., Чехової І.В. [8; 9], Талавирі М.П., Шарковської С.О. [10], Власова В.І. [12], Педорченко А.Л. [13] та ін.

Мета досліджень. Проаналізувати сучасний стан виробництва та експорту кукурудзи, пшениці та сояшника в світі та Україні, дослідити світовий ринок зернових та олійних культур і визначити місце України в ньому з урахуванням військової агресії РФ.

Матеріали та методи досліджень. За використання методів порівняння та узагальнення проведено аналіз статистичних даних за 2021–2023 рр. Державної служби статистики України, Міністерства сільського господарства США (USDA), сучасних наукових джерел та ін. для аналізування ринку виробництва кукурудзи, пшениці та сояшника в Україні, країнах ЄС та світі. Обрахунок статистичних даних виконано з використанням сучасних комп'ютерних програм.

Результати та їх обговорення. Широкомасштабне вторгнення РФ в Україну негативно вплинуло на всі сфери економіки, в т.ч. агровиробництво. Внаслідок окупації території, замінування та інших чинників посівні площі під більшістю культур зменшились, що негативно позначилось на експортних можливостях України і може мати негативні наслідки для продовольчої безпеки в світі.

Світовими лідерами виробництва кукурудзи в 2022/2023 маркетинговому році (МР) були США, Китай, Бразилія, країни Європи та Аргентина, які сукупно виробляли 852,15 млн метричних т [14] (рис. 1).

За даними ФАО в 2023/24 МР прогнозується збільшення на 6,3% світового виробництва кукурудзи, яке

досягне 1222,8 млн т, що більше, ніж у 2022/23 МР (1150,7 млн т) [15].

Україна у 2021/2022 МР займала п'яте місце серед потужних світових виробників кукурудзи та виробляла 42,1 млн метричних т, що становило 3,4% у загальному обсязі світового виробництва кукурудзи.

У 2022/2023 МР Україна втратила свої позиції і змістилась на 8-му позицію у рейтингу країн із показником виробництва кукурудзи 27,0 млн метричних т. В 2023/2024 МР за прогнозами Міністерства сільського господарства США (USDA) обсяги виробництва кукурудзи майже не зміняться (28 млн метричних т) [16]. Зниження обсягу виробництва відбулося через війну в Україні, окупацію південно-східних територій та зменшення площ сільськогосподарських угідь, у т.ч. унаслідок замінування.

Варто відмітити, що в 2022 р. (у рік початку активної фази війни в Україні) внаслідок порушення логістичних зв'язків, системи постачання добрив, засобів захисту рослин, насіння, палива для сільськогосподарських машин, мінування полів та інших факторів площі під посівами кукурудзи зменшились на 22%, середня врожайність кукурудзи – знизилась до 6,35 т/га (або на 12%). А тому валове виробництво знизилось на 37,8% порівняно з попереднім роком і становило близько 27 млн т і у світовому рейтингу змістило Україну на дві позиції серед країн-лідерів із виробництва і експорту зерна кукурудзи. В нестабільних умовах 2023 р., за постійного ведення

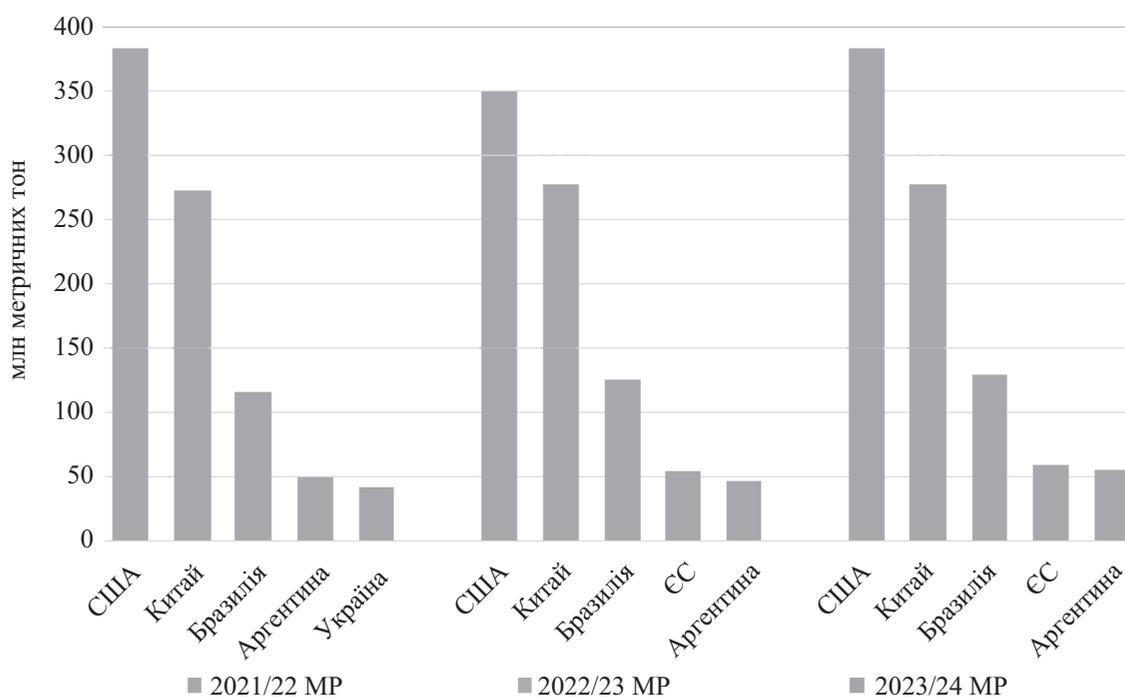


Рис. 1. Країни лідери із виробництва кукурудзи, млн т

воєнних дій, блокування українських портів, та зниження цін на внутрішньому ринку площі посіву кукурудзи зменшено до 3,4 млн га. Необхідно врахувати в майбутньому, що значні площі сільгоспугідь будуть тимчасово непридатними для використання за своїм прямим призначенням унаслідок екологічних проблем воєнного генезису.

Згідно з даними USDA у 2022/23 МР з України на зовнішній ринок було відвантажено 27,0 млн т кукурудзи, що на 3,7% перевищує аналогічний показник сезону 2020/21 МР (26,98 млн т). За оцінками аналітиків у 2023/24 МР при оптимістичному сценарії експорт кукурудзи з України очікується на рівні 19,5 млн т (-30,3% до оцінки сезону 2022/23 МР).

У 2021/2022 МР основний експорт зерна кукурудзи було спрямовано на Китай, Іспанію Румунію, Туреччину та Єгипет, який оцінювався в 1449 млн дол. США, 745, 598, 414, 412 млн дол. США відповідно [16]. За підсумками 2020/21 МР частка поставок української кукурудзи в загальному обсязі імпорту Китаю досягла 29%, в імпорті Єгипту – 25%, а в імпорті EU – 51%. У 2021/22 МР Японія імпортувала 108,38 тис. метричних т кукурудзи з України, більшість з яких було законтраковано до того, як РФ порушила кордони України [17].

У 2022 р. змінилися Топ-10 країн світу – виробників і експортерів кукурудзи. Якщо раніше, Україна майже не експортувала кукурудзу в Румунію, то в 2022 р. обсяги експорту перевищили 3,5 млн т. Румунія разом із Китаєм (4,4 млн т) та Іспанією (2,8 млн т) увійшла в трійку найбільших імпортерів української кукурудзи у 2022 р. Україна посіла 3-тє місце у світі за обсягом експорту кукурудзи в грошовому вимірі за результатами 2022 р. Так, Україна отримала 5,9 млрд дол. США від експорту продукції (частка української кукурудзи у світовій торгівлі сягала 13%). У сезоні 2023/2024 МР українським виробникам кукурудзи, напевно, доведеться шукати нові ринки збуту. Зокрема, вже чотири країни ЄС (Польща, Угорщина, Словаччина, Болгарія) заборонили імпорт української зернової продукції.

Світове виробництво пшениці в 2020/2021 МР сягало 781,0; 2021/2022 МР – 789,5; 2022/2023 МР – 783,4 млн метричних т. Упродовж трьох сезонів залишилися й незмінними країни лідери зі світового виробництва пшениці – це Китай (136,9–137,7 млн т), Європейський Союз (134,0–138,1 млн т), Індія (104,0–113,5 млн т), Росія (75,2–92,0 млн т) та США (44,8–49,3 млн т) [16].

Україна за підсумками 2022 р. стала дев'ятим найбільшим виробником пшениці з показником 20,7 млн т. Цей показник виявився на 35,5% меншим за валовий збір пшениці у 2021 р. (32,1 млн т). Основною причиною такого істотного зменшення виробництва стало скорочення площ, через окупацію територій, фізичну недоступність полів у районах зі щільним мінуванням і забрудненням боєприпасами, а також там, де велися активні бойові дії. У 2023 р. Україна не змінила свої позиції у світовому лідерстві, валовий збір пшениці становив 22,4 млн т.

З початку повномасштабного вторгнення РФ на територію України експорт української пшениці становить 20,408 млн т. У перші три місяці війни він майже зупинився. Так, у березні 2022 р. було експортовано 33,209 тис. т пшениці, в квітні – 9,199 тис. т, травні – 43,541 тис. т. Лише за результатами червня було досягнуто результат експорту 138,4 тис. т, що є неприйнятно малим значенням для українського експорту. Лише в серпні, з початком дії «зернової ініціативи» і розблокуванням трьох портів експорт пшениці активізувався. Однак за 4 міс. дії «зернової ініціативи» щомісячні обсяги відвантаження пшениці (6,4 млн т) з України так і не досягли рівня попереднього року. Найбільший обсяг пшениці був експортований у жовтні 2022 р. і сягнув майже 2,0 млн т. У листопаді, на тлі підвищення ризиків зриву «зернової ініціативи», обсяги експорту скоротились до 1,6 млн т. У грудні до негативних чинників впливу на обсяги експорту додалися погіршення погодних умов та руйнування (знеструмлення) об'єктів інфраструктури, в т.ч. й портової, через ракетні обстріли і пошкодження енергетичних об'єктів України (рис. 2) [18].

З початком 2023 р. Україною експортовано 11,85 млн т пшениці, що на 3,3 млн т більше, ніж минулорічного сезону. Експорт пшениці з початку повномасштабного вторгнення було здійснено переважно морським транспортом 17,0 млн т, залізницею – 2,2 млн т, автомобільним транспортом – лише 1,0 млн т.

Диверсифікація транспортного забезпечення експорту пшениці відповідним чином відобразилась на географії експорту зернової. Якщо в 2021 р. країни ЄС не входили до ТОП-10 країн-імпортерів української пшениці, то в 2022 р. до найбільших імпортерів увійшли 5 країн (Туреччина, Румунія, Італія, Іспанія, Польща). До п'ятірки найбільших імпортерів української пшениці у серпні 2023 р. увійшли: Румунія

(31% від загального обсягу поставок), Іспанія (24%), Єгипет (17%), Італія (6%) та Греція (5%).

Соняшник є однією з головних олієбілкових культур світового землеробства, важливим джерелом виробництва олії та шроту, що відіграє особливу роль у поліпшенні фінансового стану сільськогосподарських підприємств у період подолання економічної кризи і переходу до ринкових відносин. Виробництво соняшника завжди було достатньо рентабельним, продукти його переробки конкурентоспроможні на внутрішньому і світовому ринках [10].

У світі основні країни-виробники соняшника (Україна, РФ, Аргентина, Китай та країни ЄС займають майже 85% світового ринку продукції соняшника. Результатом виробництва соняшника у 2021/22 МР стали рекордні показники за весь час – 57,2 млн т соняшника зібрано загалом у світі. Згідно з даними Міністерства сільськогосподарства США світове виробництво соняшника становило у 2022/2023 МР – 53,03 млн метричних т, а за прогнозами у 2023/24 МР – майже 57 млн метричних т, тобто на 7% більше, ніж у попередньому сезоні. Однією з причиною збільшення виробництва є збільшення посівних площ під соняшник [16].

У 2022/2023 МР більше за попередній сезон на 21,0% зібрано врожай соняшника в Аргентині. Інші країни також наростили виробництво олійного

насіння: РФ на 4,4%, Туреччина – на 8,6%. Довоєнні обсяги вирощування соняшника в Україні становили 17 500 млн т, після військової агресії обсяг виробництва знизився до 12200 млн т. Світовий ринок продовжує залежати від війни в Україні. У країнах ЄС у 2023/2024 МР очікується виробництво соняшника на рівні 11,5 млн т, що на 23,8% більше минулого сезону. За прогнозами експертів аграрного ринку до довоєнних обсягів виробництва соняшника Україна зможе повернутися до 2040 р. (рис. 3).

Світове споживання соняшника за прогнозами Міністерства сільськогосподарства США збільшиться. Поточного сезону попит на цю олійну культуру оцінюється в обсязі 55,3 млн т, що більше порівняно з минулорічним показником на 0,6%. При цьому слід відмітити, що обсяги споживання перевищують його виробництво. Світове споживання соняшникового шроту за прогнозами збільшиться до 22,3 млн т. Відбудеться істотне зменшення світових кінцевих запасів. На завершення нинішнього сезону вони очікуються в обсязі майже 4,6 млн т насіння соняшника, що на 17,2% менше попереднього рівня, 1,2 млн т шроту та 2,8 млн т соняшникової олії.

Впродовж багаторічного періоду Україна була лідером серед виробників соняшника у світі з часткою майже 30% та мала розвинену переробну галузь,

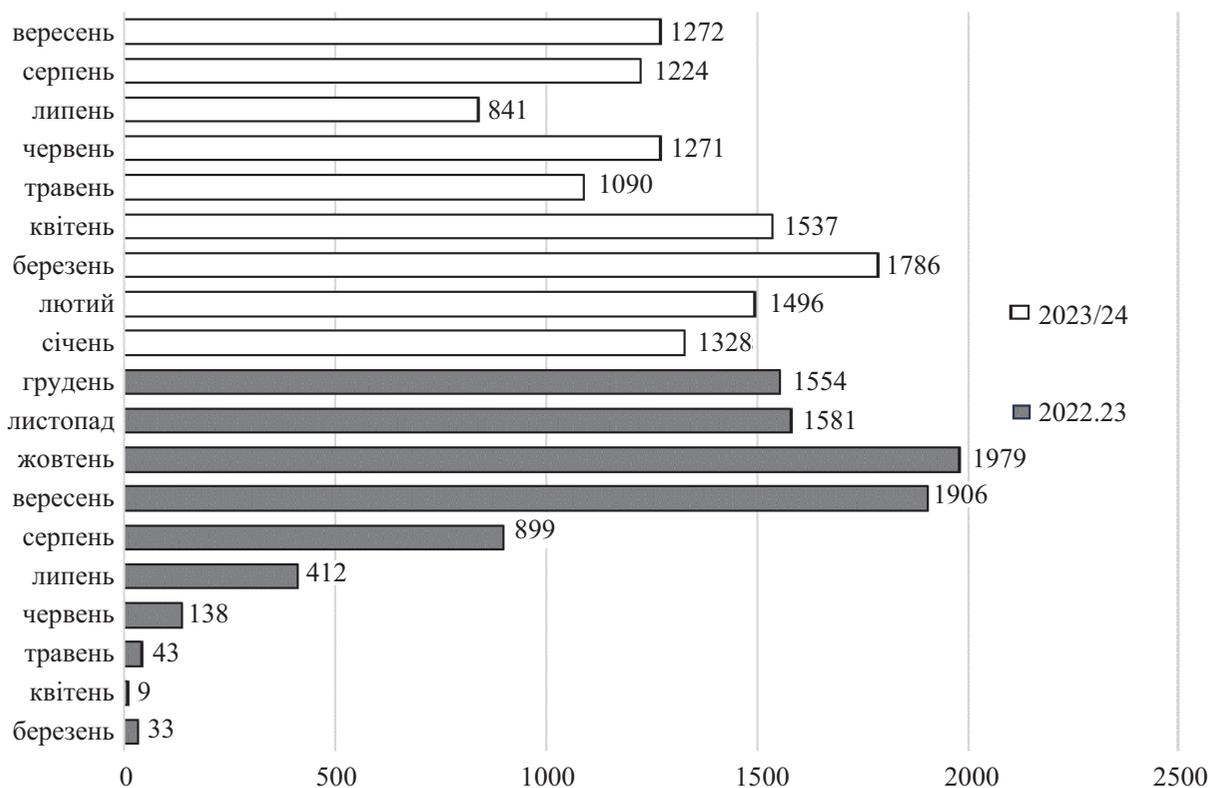


Рис. 2. Динаміка експорту пшениці з України, 2023/24 МР, тис. т

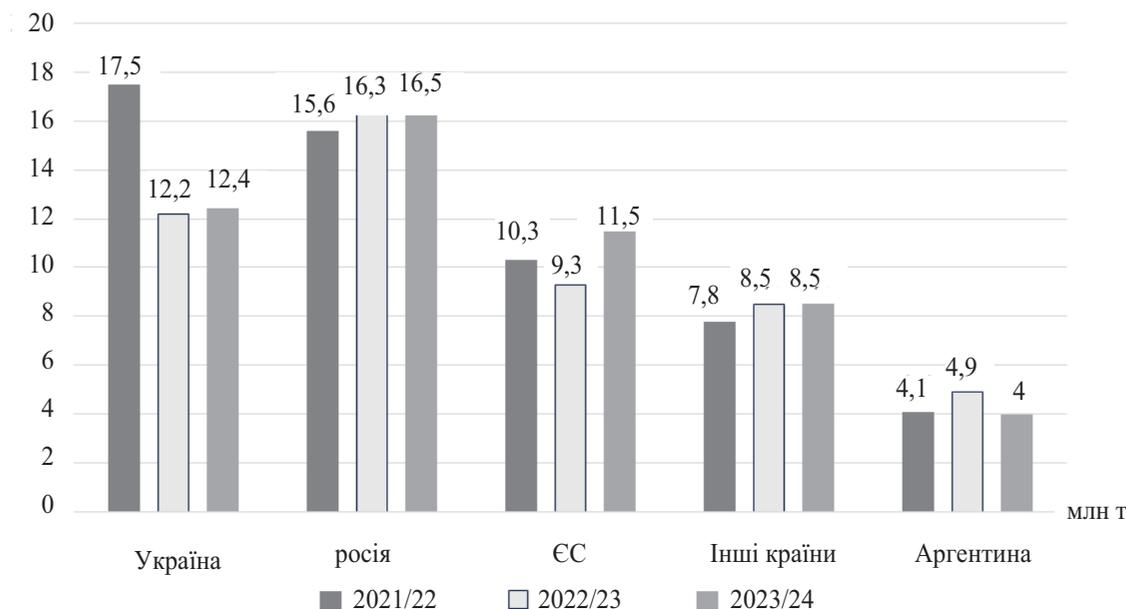


Рис. 3. Країни-лідери виробників соняшника, млн т

забезпечуючи близько третини світового виробництва та близько половини від глобального експорту соняшникової олії.

Напад РФ та подальша війна негативно вплинула на функціонування олієжирового сектору України, зокрема відбулась зупинка олійно-добувних та олієжирових в зонах бойових дій та на тимчасово окупованих територіях [19].

Блокування портів Чорного та Азовського морів у перші місяці війни призвело до зупинки експорту олії соняшникової та шроту. За оцінками Асоціації «Укролія-пром», у березні-квітні 2022 р. до 70% основних потужностей з переробки насіння соняшника було зупинено, зокрема через неможливість поставляти соняшникову олію на експорт. Важливим стало в найкоротші терміни формування нових логістичних ланцюгів та пошук альтернативних ринків збуту. Переорієнтація експорту на перевезення іншими видами транспорту, зокрема залізничним транспортом значно змінила географію експорту соняшникової олії та шроту. Основним в 2022/23 МР для України залишився ринок країн ЄС, де експорт соняшникової олії збільшився на 30%.

Польща стала ключовим партнером для України у формуванні експорту як продукції олійного ринку, так і агропродукції загалом. Польща за березень–червень 2022 р. збільшила імпорт української олії майже в 6 разів відносно аналогічного періоду попереднього року, а в червні в цьому напрямі було відвантажено максимальний місячний показник української соняшникової олії – майже 50 тис. т.

Згідно з прогнозами аналітиків USDA, у 2023/24 МР Україна залишиться лідером з експорту соняшникової олії на світовому ринку з часткою до 41% (проти 39% в 2022/23 МР). Прогнозується, що на зовнішні ринки в новому сезоні може бути відвантажено близько 5,6 млн т української соняшникової олії. Збереженню першості у цьому сезоні сприятиме очікуване збільшення виробництва соняшника до 14,5 млн т (+18,8%) та відносно стабільна його переробка (близько 11,8 млн т) (рис. 4).

Експорт насіння соняшника з України в 2022/23 МР сягнув нового історичного максимуму, склавши майже 2,0 млн т. У 2023 р. за прогнозами Міністерства сільського господарства США експорт соняшника буде незначним – 500,0 тис. т, експорт шроту зросте до 4,6 млн т.

Завдяки потужному продовольчому експорту Україна тривалий час позиціонується як гарант продовольчої безпеки в багатьох країнах світу. Україна стабільно входить до провідних світових експортерів зернових (пшениця, кукурудза, олійних (соняшник) та зернобобових [20]. Широкомасштабне вторгнення РФ на територію України і активне ведення бойових дій негативно вплинуло на аграрний бізнес і економіку України та світу загалом. За даними FAO через війну в Україні світові ціни на харчові продукти та корми можуть зрости на понад 20% [21], а країнам Близького Сходу, таким як Єгипет, Ємен та Ліван, для яких Україна є основним постачальником пшениці і кукурудзи, загрожує «катастрофа на катастрофі». За оцінками німецького експерта у галузі аграрної

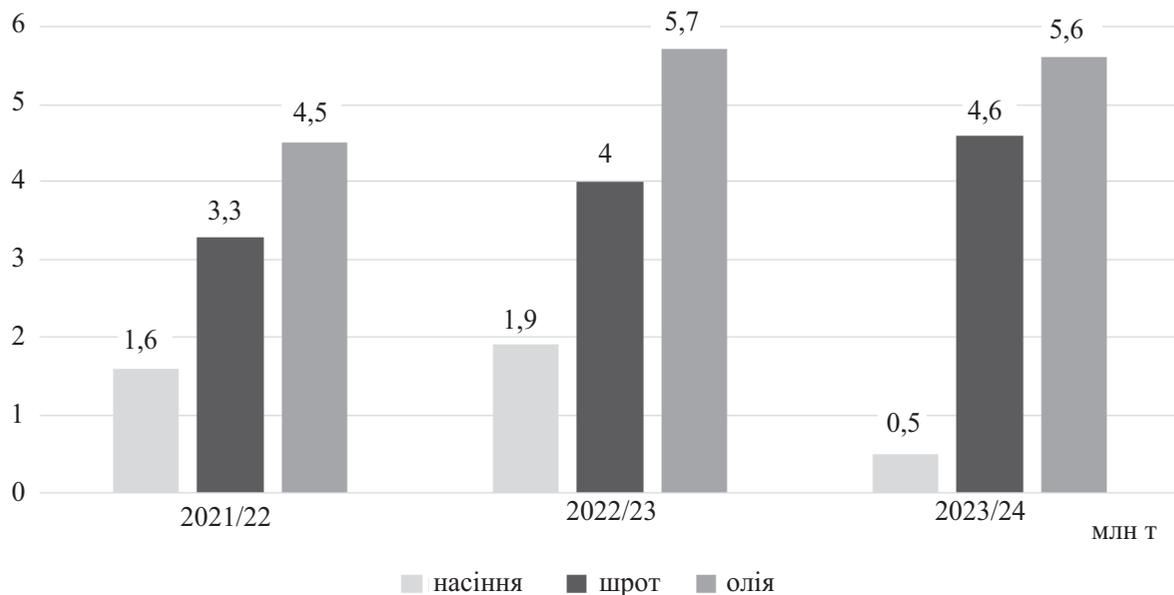


Рис. 4. Експорт насіння, олії, шроту соняшника з України, млн т

економіки, професора М. Кайма, за найгіршого сценарію розвитку подій, війна в Україні може спричинити голод, від якого постраждає до 100 млн осіб [22]. І навіть у економічно розвинених країнах ЄС простежуватиметься значне зростання цін на продовольство.

Тому очевидно, що чим довше триває російсько-українська війна, тим реальнішою стає небезпека порушення чи повного припинення постачання продовольства не лише в межах України та регіону, а й в усьому світі. Ціни на пшеницю, кукурудзу та соняшник зросли ще до початку активної фази війни, і є всі підстави прогнозувати їх істотне подальше зростання, що вплине на економіку чи не всіх країн світу, особливо найбільш вразливих африканських країн. Війна в Україні загрожує світовою глобальною продовольчою кризою. І особливо гостро це питання стоїть для країн, які залежать від імпорту, зокрема Японія, країни Близького Сходу та Північної

Африки (Єгипет, Ємен, Ізраїль, Індонезія, Бангладеш, Ефіопія, Лівія, Ліван, Туніс, Марокко, Пакистан, Саудівська Аравія, Туреччина).

ВИСНОВКИ

За результатами проведеного аналізу статистичних даних (2021-2023 рр.) визначено основні країни виробники кукурудзи, пшениці та соняшника в світі. Наведено світову динаміку виробництва та експорту цих культур. Охарактеризовано потенціал зернового ринку в Україні та відображено місце України у світових рейтингах із виробництва та експорту пшениці, кукурудзи та соняшнику. Вивчено основні фактори, що вплинули на врожайність цих культур, а саме зменшення посівних площ, порушення логістичних ланцюгів, зниження цін на внутрішньому ринку. Охарактеризовано географічну структуру експорту під час війни та вказано на важливість української аграрної продукції, як товару, що формує світову продовольчу безпеку.

ЛІТЕРАТУРА

1. Морозов О.В., Морозова О.С., Іванів М.О., Керімов А.Н. Ефективність вирощування кукурудзи на зерно в Україні. *Таврійський науковий вісник. Землеробство, рослинництво, овочівництво та баштанництво*. 2021. Вип. 119. С. 83–91. Doi: <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.119.12>.
2. Державна служба статистики України. URL: <https://ukrstat.gov.ua/>.
3. Процик І.С., Безе А.О. Світові тенденції розвитку ринку пшениці і кукурудзи та визначення місця України в ньому. *Менеджмент та підприємництво в Україні: етапи становлення і проблеми розвитку*. 2022. Вип. 4. № 2. С. 414–426.
4. Лотиш О. Роль України на світовому ринку зерна: виклики та загрози. *Економіка та суспільство*. 2022. Вип. 45. Doi: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2022-45-56>.
5. Сальман І.Ю., Ткаченко К.В. Сучасний стан світового ринку зернових культур та місце України в ньому. *Інноваційна економіка*. 2015. № 4. С. 21–24.

6. Василюшин С.І., Винограденко С.О., Дьяконов С.О. Потенціал виробництва кукурудзи на зерно в контексті зміцнення продовольчої безпеки України та світу. *Таврійський науковий вісник. Економіка*. 2022. Вип. 12. С. 10–19. Doi: <https://doi.org/10.32851/2708-0366/2022.12.2>.
7. Зернова промисловість: традиції та інновації. Вітчизняний та світовий досвід. Київ: Нац. ун-т харч. технологій, 2020. 209 с.
8. Чехов С.А., Чехова І.В. Оцінка ефективності виробництва соняшнику в Україні. *Економічний простір*. 2018. № 136. С. 135–146. Doi: <https://doi.org/10.30838/P.ES.2224.290818.127.215>.
9. Чехова І.В., Чехов С.А., Теоретичні основи функціонування вітчизняного ринку олійних культур. *Економічний простір*. 2018. № 134. С. 70–78. Doi: <https://doi.org/10.30838/P.ES.2224.050618.70.113>.
10. Талавиря М.П., Шарковська С.О. Формування та функціонування ринку соняшнику в Україні. *Економіка АПК*. 2018. № 8. С. 76–81.
11. Талавиря М.П., Полюхович В.С., Ващенко І.В. Розвиток олієжирової галузі як стратегічно важливої для розвитку економіки України. *Геополітика України: історія і сучасність*. 2021. Вип. 1(26). С. 113–126.
12. Власов В.І., Саблук П.Т., Калієв Г.А. Світове і регіональне виробництво аграрної продукції: моногр. Київ: ННЦ «ІАЕ», 2008. 210 с.
13. Педорченко А.Л. Досвід експорту олійних культур та продуктів їх переробки країн з розвинутою ринковою економікою. *Агросвіт*. 2018. № 13. С. 37–41.
14. Statista. URL: <https://www.statista.com/statistics/254292/global-corn-production-by-country>.
15. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). URL: <http://www.fao.org>.
16. United States Department of Agriculture (USDA). URL: <https://www.usda.gov>.
17. USDA. 2023. Grain and Feed Annual. Report Number: JA2023-0021. 23 p. URL: https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/Report/DownloadReportByFileName?fileName=Grain%20and%20Feed%20Annual_Tokyo_Japan_JA2023-0021.pdf.
18. Стан зовнішньої торгівлі продуктами АПК. URL: <https://minagro.gov.ua/investoram/stan-zovni-shnoyi-torgivli-produktami-apk>.
19. Зберігши світове лідерство у виробництві соняшнику, через блокування «зернового коридору», Україна ризикує втратити світові ринки збуту олійної продукції. URL: <https://minagro.gov.ua/news/zberigshi-svitove-liderstvo-u-virobnictvi-sonyashniku-cherez-blokuvannya-zernovogo-koridoru-ukrayina-rizikuye-vtratiti-svitovi-rinki-zbutu-olijnoyi-produkciyi>.
20. Палапа Н.В., Дем'янюк О.С., Нагорнюк О.М. Продовольча безпека України: стан та актуальні питання сьогодення. *Агроекологічний журнал*. 2022. № 2. С. 34–45. Doi: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2022.263314>.
21. New Scenarios on Global Food Security based on Russia-Ukraine Conflict. URL: <https://www.fao.org/director-general/news/news-article/en/c/1476480>.
22. Kirilyuk T., Lebedeva O. The war in Ukraine can cause hunger for up to 100 million people – an expert. URL: https://www.dw.com/uk/viina-v-ukraini-mozhe-sprychynyty-holod-do-100-milioniv-liudei-ekspert-a-61107084/a-61107084?maca=ukr-rss-ukrmet-ukr-all-3816-xml&fbclid=IwAR3AYj03Yi87xo1nP0t5f0LLojCz5P_Tq7A4HsItxVka7hjc_I4_o4RUfTE.

REFERENCES

1. Morozov, O.V., Morozova, O.S., Ivaniv M.O. & Kerimov, A.N. (2021). Efektyvnist vyroshchuvannya kukurudzy na zerno v Ukraini [Efficiency of maize cultivation for grain in Ukraine]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk. Zemlerobstvo, roslynnytstvo, ovochivnytstvo ta bashtannnytstvo – Tavria Scientific Bulletin. Agriculture, Crop Production, Vegetable Growing, and Melon Farming*, 119, 83–91. DOI: <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.119.12> [in Ukrainian].
2. Derzhavna sluzhba statystyky [National Statistics Service]. URL: <https://ukrstat.gov.ua/> [in Ukrainian].
3. Protsyk, I.S. & Beze A.O. (2022). Svitovi tendentsii rozvytku rynku pshenytsi i kukurudzy ta vyznachennia mistsia Ukrainy v nomu [World trends in the development of the wheat and corn markets and determining Ukraine's position in them]. *Menedzhment ta pidpriemnytstvo v Ukraini: etapy stanovlennia i problemy rozvytku – Management and Entrepreneurship in Ukraine: Stages of Formation and Development Challenges*, 4, 414–426 [in Ukrainian].
4. Lotysh, O. (2022). Rol Ukrainy na svitovomu rynku zerna: vyklyky ta zahrozy [Ukraine's role in the global grain market: challenges and threats]. *Економіка та суспільство – Economics and Society*. 45, DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2022-45-56/> [in Ukrainian].

5. Salman, I. Yu. & Tkachenko, K. V. (2015). Suchasnyi stan svitovoho rynku zernovykh kultur ta mistse Ukrainy v nomu [Current state of the global grain market and Ukraine's position in it]. *Innovatsiina ekonomika – Innovative Economy*, 4, 21–24 [in Ukrainian].
6. Vasylishyn, S.I., Vynohradenko, S.O. & Diakonov, S.O. (2022). Potensial vyrobnytstva kukurudzy na zerno v konteksti zmitsnennia prodovolchoi bezpeky Ukrainy ta svitu [The potential of corn grain production in the context of strengthening food security in Ukraine and the world]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk. Ekonomika – Tavria Scientific Bulletin. Economics*, 12, 10–19. DOI: <https://doi.org/10.32851/2708-0366/2022.12.2> [in Ukrainian].
7. National University of Food Technologies (2020). *Zernova promyslovist: tradytsii ta innovatsii. Vitchyzniani ta svitovi dosvid [Grain industry: traditions and innovations. domestic and global experience]*. Kyiv [in Ukrainian].
8. Chekhov, S.A. & Chekhova, I.V. (2018). Ot-sinka efektyvnosti vyrobnytstva soniashnyku v Ukraini [Assessment of Sunflower Production Efficiency in Ukraine]. *Ekonomichnyi prostir – Economic Space*, 136, 135–146. DOI: 10.30838/P.ES.2224.290818.127.215 [in Ukrainian].
9. Chekhova, I.V. & Chekhov, S.A. (2018). Teoretychni osnovy funktsionuvannia vitchyznianoho rynku oliinykh kultur [Theoretical Foundations of the Functioning of the Domestic Oilseed Market]. *Ekonomichnyi prostir – Economic Space*, 134, 70–78. DOI:10.30838/ P.ES.2224.050618.70.113 [in Ukrainian].
10. Talavyria, M.P. & Sharkovska, S.O. (2018). Formuvannia ta funktsionuvannia rynku soniashnyku v Ukraini [Formation and Functioning of the Sunflower Market in Ukraine]. *Ekonomika APK. – Economics AIC*, 8, 76–81 [in Ukrainian].
11. Talavyria, M.P., Poliukhovych, V.S. & Vashchenko, I.V. (2021). Rozvytok oliiezhyrovoi haluzi yak stratehichno vazhlyvoi dlia rozvytku ekonomiky Ukrainy [Development of the Oil and Fat Industry as Strategically Important for the Ukrainian Economy]. *Heopolytika Ukrainy: istoriia i suchasnist: zbirnyk naukovykh prats. Uzhhorodskiy natsionalnyi universytet Geopolitics of Ukraine: history and modernity: collection of scientific papers*, 1 (26), 113–126 [in Ukrainian].
12. Vlasov, V.I., Sabluk, P.T. & Kaliiev, H.A. (2008). *Svitove i rehionalne vyrobnytstvo ahrarnoi produkt-sii [World and regional agricultural production]*. Kyiv: NNTs «IAE» [in Ukrainian].
13. Pedorchenko A.L. (2018). Dosvid eksportu oliinykh kultur ta produktiv yikh pererobky krain z rozvynutoiu rynkovoju ekonomikoiu [Experience in the Export of Oilseeds and Processed Products by Countries with Developed Market Economies]. *Ahrosvit – AgroWorld*, 13, 37–41 [in Ukrainian].
14. Statista. URL: <https://www.statista.com/statistics/254292/global-corn-production-by-country> [in English].
15. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). URL: <http://www.fao.org> [in English].
16. United States Department of Agriculture (USDA). URL: <https://www.usda.gov> [in English].
17. United States Department of Agriculture (USDA). Grain and Feed Annual. Report Number: JA2023-0021. 23 p. URL: https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/Report/DownloadReportByFileName?fileName=Grain%20and%20Feed%20Annual_Tokyo_Japan_JA2023-0021.pdf [in English].
18. Stan zovnishnoi torhivli produktamy APK [The state of foreign trade in agricultural products]. URL: <https://minagro.gov.ua/investoram/stan-zovnishnoyi-torgivli-produktami-apk> [in Ukrainian].
19. Zberihshy svitove liderstvo u vyrobnytstvi soniashnyku, cherez blokuvannia «zernovoho korydor», Ukraina ryzykuie vtratyty svitovi rynky zbutu oliinoi produktsii. [While maintaining global leadership in sunflower production, through the blockade of the "grain corridor," Ukraine runs the risk of losing international markets for the sale of oil products]. URL: <https://minagro.gov.ua/news/zberigshi-svitove-liderstvo-u-virobnictvi-sonyashniku-cherez-blokuvannya-zernovogo-koridoru-ukrayina-rizikuye-vtratiti-svitovi-rinki-zbutu-olijnoyi-produktsiyi> [in Ukrainian].
20. Palapa, N.V., Demyanyuk, O.S. & Nahorniuk O.M. (2022). Prodovolcha bezpeka Ukrainy: stan ta aktualni pytannia sohodennia [Food Security in Ukraine: Current Status and Relevant Contemporary Issues]. *Ahroekologichnyi zhurnal – Agroecological Journal*, 2, 34–45. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2022.263314> [in Ukrainian].
21. New Scenarios on Global Food Security based on Russia-Ukraine Conflict. URL: <https://www.fao.org/director-general/news/news-article/en/c/1476480> [in English].
22. Kirilyuk, T. & Lebedeva, O. The war in Ukraine can cause hunger for up to 100 million people – an expert. URL: https://www.dw.com/uk/viina-v-ukraini-mozhesprychynyty-holod-do-100-milioniv-liudei-eksperta-61107084/a-61107084?maca=ukr-rss-ukrnet-ukr-all-3816-xml&fbclid=IwAR3AYj03Yi87xo1nPOT5f0LLojCz5P_Tq7A4HsItxVka7hjc_I4_o4RUfTE [in English].

Demyanyuk O.S., Matusевич G.D., Mazur S.O., Shatsman D.O., Bukhtyk S.S., Posunko A.O.

Wheat, corn, and sunflower are the primary crops of Ukrainian exports

Aim. To conduct an analysis of statistical data for the years 2021–2023 from the State Statistics Service of Ukraine and the U.S. Department of Agriculture (USDA) regarding the main producers and exporters of corn, wheat, and sunflower in the world and Ukraine. To examine the situation in the global market for cereals and oilseeds and determine Ukraine's position in it, taking into account the full-scale invasion. **Methods.** The research utilized methods of comparison, synthesis, and analysis of statistical data. **Results.** Based on the conducted research, it was determined that the largest producers of corn during the years 2021–2023 were the United States, China, Brazil, European countries, and Argentina; for sunflower, Ukraine, Russia, the European Union, Argentina, and Turkey were the major producers; and for wheat, China, the European Union, India, Russia, and the United States dominated. Global production for corn in the 2023/24 marketing year amounted to 1.222.8 million tons, sunflower nearly 57 million tons, and wheat 783.4 million tons. **Conclusions.** Based on the results of the conducted analysis of statistical data, the main countries producing corn, wheat, and sunflower in the world have been identified. The global dynamics of production and export of these crops have been presented. Ukraine's position in global rankings for the production and export of wheat, corn, and sunflower has been outlined. The study has examined key factors influencing the yield of these crops, including a reduction in sown areas, disruptions in logistic chains, a decrease in prices in the domestic market, and so forth.

Key words: grains, oilseeds, sown area, gross harvest, yield, export potential.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

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

Матусевич Г.Д., кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник незалежної лабораторії екології насінництва, Інститут агроєкології і природокористування НААН, e-mail: matusевичgalina1971@gmail.com; ORCID: 0009-0008-6513-5287.

Мазур С.О., кандидат сільськогосподарських наук, вчений секретар, Інститут агроєкології і природоко-

ристування НААН, e-mail: mazurlanalana@gmail.com; ORCID: 0000-0002-5025-0134.

Шацман Д.О., кандидат сільськогосподарських наук, директор ТОВ «Євросем» e-mail: ds@profi.land; ORCID: 0009-0000-1645-2499.

Бухтик С.С., аспірант, Інститут агроєкології і природокористування НААН, e-mail: s.buhtik@profi.land; ORCID: 0009-0000-2543-7346.

Посунько А.О., ТОВ «Євросем», e-mail: a@profi.land; ORCID: 0009-0002-4255-7328.

Demyanyuk O.S., Doctor of agricultural sciences, professor, corresponding member of NAAS, deputy director for scientific work, Institute of agroecology and environmental management of NAAS, e-mail: demolena@ukr.net; ORCID: 0000-0002-4134-9853.

Matusевич G.D., Ph.D. in agricultural sciences, senior researcher at the independent laboratory of seed ecology, Institute of agroecology and environmental management of NAAS, e-mail: matusевичgalina1971@gmail.com; ORCID: 0009-0008-6513-5287.

Mazur S.O., Ph.D. in agricultural sciences, scientific secretary, Institute of agroecology and environmental manage-

ment of NAAS, e-mail: mazurlanalana@gmail.com; ORCID: 0000-0002-5025-0134.

Shatsman D.O., Ph.D. in agricultural sciences, LLC «Eurosem», e-mail: ds@profi.land; ORCID: 0009-0000-1645-2499.

Buhtyk S.S., PhD student, Institute of agroecology and environmental management of NAAS, e-mail: s.buhtik@profi.land; ORCID: 0009-0000-2543-7346.

Posunko A.O., LLC «Eurosem», e-mail: a@profi.land; ORCID: 0009-0002-4255-7328; ORCID: 0009-0002-4255-7328.

Надійшла 05.11.2023

ВИСОТА ПРИКРІПЛЕННЯ НИЖНІХ БОБІВ У РОСЛИН СОЇ ЗА РІЗНОГО УДОБРЕННЯ Й ОБРОБЛЕННЯ НАСІННЯ

А.В. Голодна, Я.В. Грицюк

ННЦ «ІЗ НААН» (сmt Чабани, Україна)

Мета. Показати вплив варіантів основного удобрення, позакореневого підживлення легкодоступним органо-мінеральним добривом у критичні періоди розвитку культури, передпосівного оброблення насіння коренеутворювачем, а також коренеутворювачем із протруйником на лінійний ріст стебла в динаміці та висоту прикріплення нижніх бобів. **Методи.** Польовий (для вивчення взаємодії об'єкта досліджень із біотичними та абіотичними чинниками); морфолофізіологічний (для біологічного контролю за розвитком елементів продуктивності за етапами органогенезу); статистичний (статистична обробка результатів досліджень). **Результати.** Представлені результати досліджень впливу мінеральних добрив, передпосівного оброблення насіння коренеутворювачем і протруйником, а також позакореневого підживлення рослин легкодоступним органо-мінеральним добривом у критичні для їх росту і розвитку періоди на формування висоти рослин та на місце прикріплення нижніх бобів. Доведено необхідність передпосівного оброблення насіння коренеутворювачем у поєднанні з протруйником, а також визначено оптимальну фазу розвитку рослин сої для проведення позакореневого підживлення. Встановлено, що передпосівне оброблення насіння коренеутворювачем та протруйником сприяли зростанню висоти рослин на 1,2 см за середнього показника на варіантах без оброблення насіння 105,2 см. Позакореневе підживлення рослин мікродобривом Хелпрост на варіантах, що передбачали сівбу насінням, обробленим коренеутворювачем і протруйником, до фази утворення бобів сприяло інтенсифікації ростових процесів, що відобразилось у зростанні висоти рослин на 3,7–7,3 см порівняно з контролем. Висота прикріплення нижніх бобів значно залежала від варіанта технології вирощування, тобто умов росту і розвитку рослин. У досліджуваного сорту сої Муза максимальну висоту прикріплення нижніх бобів на рослинах (13,8 і 14,1 см) за показника на контролі 12,3 см відмічали на варіантах, які передбачали сівбу насінням, обробленим коренеутворювачем і протруйником, та позакореневе підживлення рослин у фазах гілкування й бутонізації. **Висновки.** Технологія вирощування сої в умовах змін клімату в зоні Лісостепу має включати агрозаходи, спрямовані на зменшення негативного впливу гідротермічних чинників упродовж періоду вегетації культури, зокрема, передпосівне оброблення насіння, спрямовано на стимулювання процесу його проростання та адаптації проростків у переважно несприятливих погодних умовах, а також забезпечення рослин елементами живлення у критичні періоди росту та розвитку. Застосування мінеральних, а також органо-мінеральних добрив у відповідні фази росту та розвитку рослин сприяли зростанню висоти рослин, а також прикріплення нижніх бобів.

Ключові слова: коренеутворювач, мінеральне добриво, органо-мінеральне мікродобриво, позакореневе підживлення, протруйник, фази росту та розвитку.

Вступ. Постановка проблеми. Про важливість культури сої в Україні свідчить той факт, що її посівні площі в останні десятиліття тримаються на рівні

понад мільйон гектар, а в 2015 р. навіть перевищували два мільйони і становили 2147,3 тис. га. Навіть у 2022 р. через військові дії, що спричинили

зменшення площі ріллі майже на 25 %, посівні площі під соєю становили 1212,6 тис. га [1].

Існуючі зміни клімату, про що стверджують ряд науковців [2–5], спричинили появу в сільськогосподарському виробництві таких проблем, як дефіцит вологи та температурні стреси для рослин. У регіоні діяльності ННЦ «ІЗ НААН», наприклад, останні 20 років перевищення середніх багаторічних значень річної температури повітря становило 0,3–2,9°C. Характерним було стрімке наростання тепла у березні, а також значне перевищення середньодобових температур у липні–серпні. Відмічалось також погіршення рівня вологозабезпечення, зумовленого недостатньою кількістю опадів. Відносно сезонного розподілу – їх кількість наближалася або перевищувала середні багаторічні значення у травні, вересні та жовтні і спостерігався значний дефіцит у всі інші місяці. Особливо негативним було зменшення кількості опадів у липні–серпні, коли ще у багатьох видів зернобобових культур проходять процеси цвітіння та формування насіння [6].

Основними чинниками, що визначають урожайність сої, на думку дослідників [7; 8], є удобрення, частка впливу якого становить 30 %, сорт – 20 %, погодні умови та засоби захисту рослин – по 15 %, обробіток ґрунту та його родючість – по 10 %.

Важливою морфологічною ознакою рослин у процесі росту, розвитку та формування продуктивності є висота рослин [9]. За характером зміни цього показника впродовж періоду вегетації культури можливо визначити, наскільки сприятливими були умови зовнішнього середовища для рослин та визначити реакцію на агрозаходи, що вивчалися [10].

Мета і завдання досліджень – показати вплив варіантів основного удобрення, позакореневого підживлення органічно-мінеральним добривом у критичні періоди розвитку культури, передпосівного оброблення насіння коренеутворювачем, а також коренеутворювачем із протруйником на лінійний ріст стебла в динаміці та висоту прикріплення нижніх бобів. Аналіз закономірностей росту і розвитку рослин за різних досліджуваних агрозаходів надасть можливість визначити оптимальний варіант та розробити заходи й моделі технології вирощування сої, які позитивно впливатимуть на розвиток рослин, що забезпечить стабільну максимальну реалізацію генетичного потенціалу продуктивності культури й високу якість зерна.

Матеріали та методи досліджень. Дослідження проводили за схемою, яка передбачала застосування мінеральних добрив: без добрив, $P_{45}K_{60}$, $N_{15}P_{45}K_{60}+N_{30}$

у фазі бутонізації, $N_{45}P_{45}K_{60}$; передпосівне оброблення насіння: без оброблення, мікоризоутворювальним біопрепаратом Мікофренд (1 л/т насіння), фунгіцидним протруйником Вайбранс RFC, ТН (1 л/т насіння), Мікофренд+Вайбранс (по 1 л/т насіння). Позакореневе підживлення рослин (висяєних насінням, обробленим Мікофренд+Вайбранс) органічно-мінеральним добривом Хелпрост Соя (2 л/га) проводили у критичні для росту і розвитку культури фази гілкування, бутонізації та цвітіння. Добриво розроблене для сої з урахуванням потреб культури, містить необхідні їй в процесі росту макро-, мезо- та мікроелементи, а також біологічно активні речовини.

Висівали середньоранній сорт сої Муза звичайним рядковим способом шириною міжряддя 15 см, нормою висіву 750 тис. шт./га. Попередник – просо. Загальна площа ділянки в досліді – 70 м², облікова – 50 м² за 4 разового повторення.

Результати та їх обговорення. Як свідчить аналіз показників висоти рослин сої в динаміці, взяті для вивчення агрозаходи мали значний вплив на їх формування (табл. 1).

На початкових етапах росту і розвитку рослин, у фазі першого трійчастого листка, висота рослин сої знаходилась у межах від 17,7 до 22,3 см. Внесені мінеральні добрива сприяли зростанню показника на 0,3–1,3 см, або на 1,6–6,7 % за його середнього значення на варіантах без добрив 19,4 см. Передпосівне оброблення насіння сприяло зростанню показника на 0,1–0,4 см, або 0,5–2,0 %, а передпосівне оброблення з наступним проведенням позакореневого підживлення – на 0,2–1,0 см, або 1,0–6,7 % за середнього показника на варіанті без оброблення 19,7 см.

У фазі бутонізації висота рослин у досліді становила 34,7–42,1 см. Внесені мінеральні добрива сприяли зростанню рівня показника лише на 0,3–0,6 см, або 0,8–1,6 % за рівня на варіантах без добрив 38,2 см. На варіантах із передпосівним обробленням насіння коренеутворювачем зростання висоти рослин становило 1,0 см, або 2,7 % за середнього показника на контрольних варіантах 36,7 см. Поєднання оброблення насіння коренеутворювачем із протруйником, а потім проведення позакореневого підживлення рослин сприяло збільшенню лінійних показників сої на 2,3–3,2 см, або на 6,3–8,7 % порівняно з рівнем показника на контролі. За міжфазний період перший трійчастий листок – бутонізація висота рослин збільшилась у середньому по досліді на 18,2 см, або у 1,9 разів, порівняно з показниками у фазі гілкування.

Таблиця 1. Висота рослин сої залежно від варіанта удобрення та передпосівного оброблення насіння, середнє за 2021–2023 рр., см

Удобрєння	Фаза розвитку рослин	Оброблення насіння (Мікофренд + Вайбранс) + позакореневе підживлення Хелпрост Соя у фазі:						V, %
		без оброблення (контроль)	Мікофренд	Мікофренд + Вайбранс	гілкування	бутонізації	цвітіння	
Без добрив (контроль)	1-й трійчастий листок	17,7	19,5	19,5	19,9	19,3	20,4	4,7
	бутонізація	34,7	36,7	38,0	39,9	38,5	41,1	6,0
	цвітіння	66,4	70,5	72,4	74,0	73,3	80,4	6,3
	налив бобів	104,50	111,9	106,9	115,6	109,9	109,0	3,5
P ₄₅ K ₆₀	1-й трійчастий листок	20,4	20,3	19,3	18,6	20,0	19,7	3,4
	бутонізація	38,2	37,4	35,0	38,0	39,3	38,1	3,8
	цвітіння	73,8	74,0	75,0	71,9	74,6	75,5	1,7
	налив бобів	110,9	113,1	104,0	111,1	105,8	111,2	3,3
N ₁₅ P ₄₅ K ₆₀ + N ₃₀	1-й трійчастий листок	20,8	19,9	20,4	20,6	20,3	20,3	1,5
	бутонізація	34,7	36,8	36,0	42,1	39,7	41,4	7,9
	цвітіння	70,0	72,0	70,1	70,8	76,8	74,9	3,9
	налив бобів	94,4	102,8	103,8	101,8	104,6	111,9	5,4
N ₄₅ P ₄₅ K ₆₀	1-й трійчастий листок	20,0	19,5	21,1	20,5	20,8	22,3	4,7
	бутонізація	39,8	39,7	36,5	39,4	38,5	38,6	3,2
	цвітіння	69,9	71,3	70,2	72,1	71,8	73,2	1,7
	налив бобів	105,2	98,9	106,4	101,4	108,1	112,3	4,5
V, %	1-й трійчастий листок	7,0	1,9	4,2	4,6	3,1	5,4	–
	бутонізація	7,0	3,7	3,4	4,3	1,5	4,2	–
	цвітіння	4,3	2,1	3,2	1,8	2,9	4,1	–
	налив бобів	6,6	6,5	1,5	6,5	2,2	1,3	–

Найінтенсивніший ріст рослин відмічали у період від бутонізації до цвітіння. Висота рослин сої за цей період у середньому по досліді зростала в 3,6 рази, порівняно з фазою першого трійчастого листка, і знаходилась у межах від 66,4 до 80,4 см.

Застосування мінеральних добрив сприяло зростанню рівня показника на 0,7–1,3 см, або на 1,8% за середнього показника на варіантах без добрив 72,8 см.

Передпосівне оброблення насіння коренеутворювачем, а також його поєднання з протруйником сприяли зростанню висоти рослин на 1,9–2,0 см, або

на 2,7–2,9% за показника на варіантах без оброблення 70,0 см. На варіантах із передпосівним обробленням насіння Мікофренд+Вайбранс та проведенням позакореневого підживлення відмічали зростання рівня показника на 2,2–6,0 см, або 3,1–8,6%, порівняно з варіантом без оброблення.

У фазі наливу бобів висота рослин сої зростала у 5,3 разів, порівняно з фазою першого трійчастого листка, і становила 94,4–115,6 см. Внесення мінеральних добрив не сприяло збільшенню висоти рослин у цей період росту та розвитку рослин сої.

Це можливо пояснити інтенсивнішим генеративним розвитком рослин, порівняно з варіантом, що не передбачав застосування мінеральних добрив. Передпосівне оброблення насіння коренеутворювачем та протруювачем сприяли зростанню висоти рослин на 1,2 см, або на 1,1% за середнього показника на варіантах без оброблення насіння 105,2 см. Позакореневе підживлення рослин мікродобривом Хелпрост на варіантах, що передбачали сівбу насінням, обробленим коренеутворювачем і протруйником, до фази утворення бобів сприяло інтенсифікації ростових процесів, що відобразилось у зростанні висоти рослин на 3,7–7,3 см, або на 3,6–7,0% порівняно з контролем. У вказаний період максимальну висоту рослин 115,6 см (за показника на абсолютному контролі 104,5 см) відмічали на варіантах без застосування мінеральних добрив, але проведення позакореневого підживлення органіко-мінеральним мікродобривом на початкових фазах росту і розвитку сої, що може свідчити про незбалансованість живлення, переважання вегетативного розвитку над генеративним.

Як свідчать коефіцієнти варіації, вплив проведених агрозаходів на рівень показника був незначним, проте найвищі його значення ($V=3,5-6,3\%$ та $V=4,3-7,0\%$) відмічали на варіантах, які не передбачали застосування мінеральних добрив і оброблення насіння відповідно. На варіантах, що передбачали внесення мінеральних добрив, оброблення насіння та позакореневе підживлення, складались сприятливішими умови для росту та розвитку рослин, зменшувався вплив біотичних й абіотичних чинників.

Важливим показником за вирощування зернобобових культур є висота прикріплення нижніх бобів, від яких значно залежить якість проведення збирання і рівень втрати насіння [11]. Низьке прикріплення

нижніх бобів призводить до зниження рівня врожайності культури, оскільки значна частина бобів і зерна втрачається під час збирання комбайном. За даними автора, втрати врожаю за збирання можуть становити до 30% [12]. На посівах сої з оптимальною густиною стояння рослин боби формуються на стеблі на висоті 15–17 см і вище, на зріджених – на 3–5 см нижче, що призводить до значних втрат за збирання [13; 14].

Висота прикріплення нижніх бобів є макроознакою, яка визначається багатьма чинниками, зокрема фізіологічними особливостями сорту, умовами росту та розвитку, і для сорту сої Муза, становить 13–14 см. У наших дослідженнях висота прикріплення нижніх бобів на рослинах сої у роки досліджень становила від 12,1 до 14,3 см. Причому, у 2021 р. висоту прикріплення нижніх бобів у середньому по досліді відмічали на рівні 13,4 см, у 2022 р. – 13,0 см, що можливо пояснити деяким зрідженням посівів, у 2023 р. – 13,7 см [15]. Висота місця прикріплення нижніх бобів у досліді залежала як від варіанта застосування добрив, так і передпосівного оброблення насіння (табл. 2).

Внесення лише фосфорних і калійних добрив сприяло формуванню нижніх бобів на рослинах сої у середньому за роки досліджень заввишки 13,2 см, що перевищувало показник на варіантах без застосування мінеральних добрив (12,9 см) на 0,3 см. Застосування фосфорних і калійних добрив з азотними допомагало зростанню висоти прикріплення нижніх бобів, порівняно з контролем, на 0,7–0,8 см, або на 5,4–6,2%.

Передпосівне оброблення насіння коренеутворювальним препаратом Мікофренд, а також одночасне з протруйником Вайбранс сприяло зростанню рівня показника на 0,5–0,7 см за показника на варіантах без оброблення 12,7 см. Поєднання передпосівного оброблення насіння коренеутворювачем та протруйником

Таблиця 2. Висота прикріплення нижніх бобів на рослинах сої залежно від технології вирощування, см, середнє за 2021–2023 рр.

Удобрення	Оброблення насіння			Оброблення насіння (Мікофренд + Вайбранс) + позакореневе підживлення Хелпрост Соя у фазі:		
	без оброблення (контроль)	Мікофренд	Мікофренд + Вайбранс	гілкування	бутонізації	цвітіння
Без добрив (контроль)	12,4	12,8	13,0	13,1	13,2	13,0
$P_{45}K_{60}$	12,6	13,1	13,3	13,3	13,4	13,2
$N_{15}P_{45}K_{60}+N_{30}$	13,0	13,6	13,6	13,9	14,1	13,7
$N_{45}P_{45}K_{60}$	12,9	13,4	13,5	14,0	14,2	13,6

із позакореневим підживленням рослин мікродобривом Хелпрост позитивно вплинуло на збільшення висоти прикріплення нижніх бобів на 0,8–1,0 см.

Максимальний (1,0 см) приріст показника, порівняно з контролем, відмічали за проведення позакореневого підживлення рослин у фазах гілкування та бутонізації. У середньому за роки досліджень максимальну висоту прикріплення нижніх бобів – 14,2 за показника на абсолютному контролі 12,4 см відмічали на варіанті, який передбачав внесення $N_{45}P_{45}K_{60}$, передпосівне оброблення насіння коренеутворювачем у поєднанні з протруйником та проведенням позакореневого підживлення рослин органо-мінеральним добривом у фазі бутонізації рослин сої.

Висновки

В умовах змін клімату, які відбуваються, оптимальною вважається адаптивна технологія вирощування,

яка передбачає внесення мінеральних добрив, сівбу насінням, обробленим коренеутворювачем у поєднанні з протруйником, що стимулює процес його проростання та адаптації проростків у переважно несприятливих погодних умовах, а також позакореневе підживлення рослин сої органо-мінеральним мікродобривом у критичні періоди її росту та розвитку. Вказані агрозаходи сприяють зростанню висоти рослин сої, а також визначають місце прикріплення нижніх бобів. Максимальну висоту їх прикріплення на рослині – 14,2 см за показника на абсолютному контролі 12,4 см відзначали на варіанті, який передбачав внесення $N_{45}P_{45}K_{60}$, передпосівне оброблення насіння коренеутворювачем у поєднанні з протруйником та проведенням позакореневого підживлення рослин органо-мінеральним добривом у фазі бутонізації рослин сої.

ЛІТЕРАТУРА

1. Офіційний сайт Державного комітету статистики України. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua/>.
2. Pachauri, R K, and Reisinger, A. Climate change 2007. Synthesis report. Contribution of Working Groups I, II and III to the fourth assessment report. Switzerland: N. p., 2008.
3. Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2012. 582 pp.
4. Crop production and climate change. 2021. URL: <http://www.fao.org/climate-smart-agriculture-sourcebook/production-resources/module-b1-crops/chapter-b1-1/en/>.
5. Пятюгин С. С. Стресс у растений: физиологический подход. *Журнал общей биологии*. Т. 69. №4. 2008. С. 294–298.
6. Особливості вирощування зернобобових культур в Лісостепу: науково-методичні рекомендації. В.Ф. Камінський, А.В. Голодна, С.П. Дворецька, О.Г. Любич, С.В. Поліщук. Вінниця: ТОВ «Твори», 2020. 108 с.
7. Бабич А.О. Сучасне виробництво і використання сої. Київ: Урожай, 1993. 427с.
8. Вильдфлуш И.Р. Эффективность применения микроудобрений и регуляторов роста при возделывании сельскохозяйственных культур. Минск: Беларуская Навука, 2011. 293 с.
9. Степанова В.М. Биоклиматология сои. Ленинград: Гидрометеиздат, 1972. 124 с.
10. Енкен В.Б. Критический период в развитии сои по требовательности ее к влаге. *Научные труды Кубанской опытной станции*. 1963. Вып. 2. С. 77–92.
11. Казыдуб Н.Г., Цыганок Н.С. О пригодности сортов фасоли овощной к механизированной уборке. *Овощи России*. 2010. № 3 (9). С. 37–40.
12. Голбан Н.М., Рассохина А.И. Методы и результаты селекции фасоли на пригодность к механизированной уборке. *Селекция и семеноводство полевых культур в Молдавской ССР*. Кишинев: Штиинца, 1987. С. 47–54.
13. Адамень Ф.Ф., Вергунов В.А., Лазер П.Н. Агробиологические особенности возделывания сои в Украине. Київ: Аграрна наука, 2006. 456 с.
14. Петриченко В.Ф., Лихочвор В.В. Рослинництво. Технології вирощування сільськогосподарських культур: навчальний посібник. 4-те вид., випр., доповн. Львів: НВФ «Українські технології», 2014. 1040 с.
15. Голодна А.В., Грицюк Я.В. Показники структури врожаю сої залежно від варіанту технології вирощування. XIV Міжнародна наукова конференція «Корми і кормовий білок» 12 жовтня 2022 р. Вінниця, 2022. С. 74–76.

REFERENCES

1. Ofitsiyniy sait Derzhavnoho komitetu statystyky Ukrainy. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua/> [in Ukrainian].
2. Pachauri, R K, and Reisinger, A. (2008). Climate change 2007. Synthesis report. Contribution of Working Groups I, II and III to the fourth assessment report. Switzerland: N. p. [in English].
3. Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. (2012). A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. 582 pp. [in English].
4. Crop production and climate change. (2021). URL: <http://www.fao.org/climate-smart-agriculture-sourcebook/production-resources/module-b1-crops/chapter-b1-1/en/> [in English].
5. Pyatygin, S.S. (2008). Stress in plants: a physiological approach. *Journal of General Biology*, 69(4), 294–298 [in Russian].
6. Osoblyvosti vyroshchuvannia zernobobovykh kultur v Lisostepu: naukovo-metodychni rekomendatsii (2020). V.F. Kaminskyi, A.V. Holodna, S.P. Dvoretzka, O.H. Liubchych, S.V. Polishchuk. Vinnytsia: TOV «Tvory». 108 p. [in Ukrainian].
7. Babych A.O. (1993). Suchasne vyrobnytstvo i vykorystannia soi. Kyiv: Urozhai. 427p. [in Ukrainian].
8. Vildflush I.R. (2011). Effektivnost primeneniya mikroudobreniy i regulyatorov rosta pri vozdeyivanii selskohozyaystvennykh kultur. Minsk: Belarusskaya Navuka. 293 p. [in Russian].
9. Stepanova V.M. (1972). Bioklimatologiya soi. Leningrad: Gidrometeoizdat. 124 p. [in Russian].
10. Enken V.B. (1963). Kriticheskiy period v razvitiy soi po trebovatelnosti ee k vlage. *Nauchnyye trudyi Kubanskoj opytnoy stantsii*, 2,77 – 92 [in Russian].
11. Kazyidub N.G., Tsyiganok N.S. (2010). O prigodnosti sortov fasoli ovoschnoy k mehanizirovannoy uborke. *Ovoschi Rossii*, 3 (9), 37–40 [in Russian].
12. Golban N.M., Rassohina A.I. (1987). Metodyi i rezultaty selektsii fasoli na prigodnost k mehanizirovannoy uborke. Seleksiya i semenovodstvo polevyih kultur v Moldavskoy SSR. Kishinev: Shtiintsa. P. 47–54 [in Russian].
13. Adamen F.F., Vergunov V.A., Lazer P.N. (2006). Agrobiologicheskie osobennosti vozdeyivaniya soi v Ukraine. K.: Agrarna nauka. 456 p. [in Russian].
14. Petrychenko V.F., Lykhochvor V.V. Roslynnnytstvo(2014). Tekhnologii vyroshchuvannia silskohospodarskykh kultur: navchalnyi posibnyk, 4-e vydannia, vypravlene, dopovnene. Lviv: NVF «Ukrainski tekhnologii». 1040 p. [in Ukrainian].
15. Holodna A.V., Hrytsiuk Ya.V. (2022). Pokazyky struktury vrozhaiu soi zalezno vid variantu tekhnologii vyroshchuvannia. KhIU Mizhnarodna naukova konferentsiia «Kormy i kormovy bilok» 12 zhovtnia 2022 r. Vinnytsia. P. 74–76 [in Ukrainian].

Holodna A.V., Hrytsiuk Y.V.

Formation of plant height in soybeans and attachment of lower pods under various fertilization and seed treatment options

Aim. To demonstrate the influence of basic fertilization options, foliar feeding with easily accessible organo-mineral fertilizer during critical periods of crop development, pre-sowing seed treatment with root stimulators, as well as root stimulators combined with fungicides on stem linear growth dynamics and the attachment height of lower pods. **Methods.** Field (to study the interaction of the object of study with biotic and abiotic factors); morphophysiological (for biological control on the development of elements of productivity by stages of organogenesis); statistical (statistical processing of research results). **Results.** The study results presented demonstrate the influence of mineral fertilizers, pre-sowing seed treatment with root stimulators and fungicides, as well as foliar feeding with easily accessible organo-mineral fertilizer during critical growth and development periods on the formation of plant height and the attachment height of lower pods. The necessity of pre-sowing seed treatment with root stimulators in combination with fungicides has been proven, and the optimal phase of soybean plant development for foliar feeding has been identified. It was found that pre-sowing seed treatment with root stimulators and fungicides resulted in an increase in plant height by 1.2 cm, with an average height of 105.2 cm for variants without seed treatment. Foliar feeding with the microfertilizer “Helprost” on variants that involved planting seeds treated with root stimulators and fungicides, up to the pod formation phase, contributed to intensified growth

processes, resulting in an increase in plant height by 3.7–7.3 cm compared to the control. **Conclusions.** The attachment height of the lower pods was significantly dependent on the cultivation technology variant, i.e., the growth and development conditions of the plants. In the studied soybean variety “Muza”, the maximum attachment height of the lower pods on plants (13.8 and 14.1 cm) compared to the control height of 12.3 cm, was noted on variants that involved planting seeds treated with root stimulators and fungicides, and foliar feeding during branching and budding phases.

Key words: root stimulator, mineral fertilizer, organo-mineral microfertilizer, foliar feeding, seed treatment agent, development phases.

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., аспірант, 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., graduate student National Scientific Center «Institute of Agriculture of NAAS», e-mail: hrytsiuk.yaroslav@gmail.com.

Надійшла 28.9.2023

ОПТИМІЗАЦІЯ СИСТЕМИ УДОБРЕННЯ ТА ЗАХОДІВ ДОГЛЯДУ ЗА ПОСІВАМИ ПШЕНИЦІ ЯРОЇ В ПРАВОБЕРЕЖНОМУ ЛІСОСТЕПУ

В.М. Юла, М.О. Дрозд

ННЦ «ІЗ НААН» (с.мт Чабани, Україна)

Мета. Удосконалення адаптивних технологій шляхом оптимізації системи удобрення та заходів догляду за посівами пшениці ярої: обробка посівів рістрегулювальними речовинами на фоні основного внесення мінеральних добрив в умовах Правобережного Лісостепу України для одержання високих показників урожайності та якості зерна. **Практичне значення отриманих результатів** полягає в удосконаленні і впровадженні у виробництво адаптивних конкурентоспроможних технологій вирощування пшениці ярої. **Методи.** Польовий, ваговий, морфофізіологічний, лабораторний, а також метод математичної статистики. **Результати.** Встановлено, що за технології вирощування, яка передбачала внесення $N_{45}P_{90}K_{90}$ до сівби та по N_{45} на 30 і 48 стадіях розвитку за ВВСН на фоні заробляння побічної продукції попередника та інтегрований захист посівів у поєднанні із застосуванням біостимуляторів росту у середньому за роки досліджень отримали найвищу врожайність пшениці м'якої ярої – 4,44 т/га. Приріст урожайності за цієї технології щодо контролю сягав 2,20 т/га. Вміст сирого білка за цих умов вирощування становив 17,0%, сирій клейковини – 30,51%, що відповідає 1 класу якості зерна згідно з ДСТУ 3768:2019. **Висновки.** У середньому за роки досліджень отримали приріст урожайності пшениці м'якої ярої від застосування біостимуляторів росту на рівні 0,15–0,26 т/га залежно від рівня удобрення в технології вирощування. Ефект від застосування мінеральних добрив становив 0,20–2,20 т/га, залежно від рівня удобрення та системи захисту. Побічна продукція попередника не впливала на врожайність пшениці ярої, лише в поєднанні з мінеральними добривами та біостимулятором росту. Застосування біостимуляторів росту в поєднанні з мінеральними добривами, більшою мірою, впливало на підвищення маси 1000 зерен. За технології, яка передбачала внесення мінерального добрива у дозі $N_{45}P_{90}K_{90}$ до сівби та по N_{45} на 30 і 48 стадіях розвитку за ВВСН на фоні заробляння побічної продукції попередника та інтегрованої системи захисту отримали найвищий економічний ефект – 2,0 тис. грн/га, за зниження собівартості виробництва 1 т зерна на 0,23 тис. грн.

Ключові слова: врожайність, мінеральні добрива, пшениця м'яка яра, побічна продукція попередника, технологія вирощування, система захисту, біостимулятор росту.

Вступ. Виробництво продукції пшениці є стратегічною галуззю народного господарства, від стійкості і ефективності якого залежить продовольча безпека держави. Так, стабільне виробництво зерна є основним завданням землеробства, що передбачає підвищення рівнів урожайності зернових культур і покращання його основних показників [3]. Серед основних технологічних прийомів вирощування зернових культур є оптимізація системи удобрення, що застосовується на основі результатів морфофізіологічного аналізу розвитку елементів продуктивності рослин. Особливе значення цьому питанню слід приділяти останнім часом у зв'язку з погіршенням показників родючості ґрунтів. Вони поступово

збіднюються на вміст основних елементів живлення, а мінеральні та органічні добрива вносять у недостатніх кількостях, за яких не відбувається відновлення родючості ґрунтів [1; 11]. Оптимізація системи удобрення та заходів догляду за посівами пшениці вимагає систематичного підходу та аналізу результатів. Продумана стратегія допоможе досягти високих урожаїв та забезпечити стійке вирощування пшениці ярої в Правобережному Лісостепу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Пшениця яра – важлива продовольча культура в Україні. Значний попит на зерно пшениці ярої на внутрішньому та зовнішньому ринках потребує оптимізації її виробництва, передусім за рахунок підвищення і стабілізації

врожайності та покращання якісних показників зерна, яке використовують на хлібопекарські та продовольчі цілі. Ця ситуація обумовлена стійкою тенденцією зниження площ посіву цієї цінної культури, які в Україні коливаються в межах 150–180 тис. га [5–9]. Часто врожайність пшениці ярої знаходиться на низькому рівні і не завжди виправдовує витрати на виробництво якісного зерна. Однією з причин нерентабельності її вирощування є недостатня обґрунтованість основних елементів технології вирощування цієї культури та непристосованість до кліматичних умов [2]. Дослідженнями підтверджено, що поєднання мінеральних добрив зі стимуляторами росту у землеробстві є одним із найбільш ефективних агрозаходів для підвищення продуктивності пшениці ярої та покращання її якості [10].

Пшениця яра характеризується підвищеною вимогливістю до умов вирощування, а це вимагає розробки адаптивних технологій її вирощування [12]. Поліпшення технологій вирощування сільськогосподарських культур є необхідним для забезпечення більш ефективного використання ресурсів, зменшення витрат та збільшення виробництва продукції [14].

З огляду на актуальність зазначених вище питань, проведення наших досліджень полягає у встановленні впливу доз мінеральних добрив, систем захисту посівів та комплексу цих чинників на врожайність пшениці ярої в Лісостепу. На сьогодні актуальним є розв'язання проблеми оптимізації основних елементів технології за умов максимального збереження ресурсів, що тісно взаємопов'язано з економічними аспектами вирощування пшениці. На розв'язання цих завдань і спрямовані наші дослідження.

Матеріали та методи досліджень

Методика досліджень. Дослідження з вивчення впливу комплексного застосування елементів адаптивної технології на продуктивність пшениці ярої проводили протягом 2016–2020 рр. у стаціонарному досліді ННЦ «ІЗ НААН». Попередник – соя.

Предметом досліджень був сорт пшениці м'якої ярої інтенсивного типу Недра, селекції ННЦ «ІЗ НААН». Сильна пшениця. Занесений до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні, для вирощування в зонах Лісостепу і Полісся у 2007 р. Норма висіву – 5,0 млн схожих насінин на гектар.

Система обробітку ґрунту загальноприйнята для зони проведення досліджень, і включала зяблеву оранку на 20–22 см, ранньовесняне закриття вологи та передпосівну культивування. Мінеральні добрива – амофос (52% д. р. P_2O_5) та калійну сіль (60% д. р.

K_2O) вносили під основний обробіток ґрунту, аміачну селітру (34,4% д. р. N) – під передпосівну культивування та в підживлення на 30 і 48 стадіях розвитку за шкалою ВВСН. Застосовували біостимулятори росту (для обробки насіння – Регоплант (250 мл), для обробки посівів – Стимпо (20 мл/га) разом із гербіцидом на 30 стадії ВВСН.

Агрохімічна характеристика темно-сірого опідзоленого ґрунту, на якому проводили дослідження: вміст гумусу – 2,19%, вміст лужногідролізованого азоту (за Корнфілдом) – 76,3 мг N на кг ґрунту (дуже низький рівень), вміст рухомого фосфору (за Чириковим) – 171 мг/кг ґрунту (високий рівень), вміст рухомого калію (за Чириковим) – 84,4 мг/кг ґрунту (підвищений рівень). Реакція ґрунтового середовища слабокисла ($pH_{\text{сол.}}$ 5,3).

Схема дослідів передбачала встановлення впливу основних елементів технології вирощування (системи удобрення і захисту посівів, застосування біостимуляторів) та їх комплексної дії і взаємодії на формування продуктивності пшениці м'якої ярої.

Системи захисту включали: «інтегрована I» – протруєння насіння, обробку посівів препаратами на основі моніторингу розповсюдження бур'янів, шкідників та хвороб; «інтегрована II» – протруєння насіння, обробку посівів препаратами на основі моніторингу розповсюдження бур'янів, шкідників і хвороб та застосування біостимуляторів росту рослин (обробка насіння Регоплант 250 мл/га та посівів – Стимпо 20 мл/га разом із гербіцидом). Вид і дози пестицидів залежали від фітосанітарної ситуації [13].

У процесі дослідження було проведено комплекс спостережень та аналітичних досліджень за загальноприйнятими методиками [4].

Проводили біологічний контроль за станом рослин, визначали тривалість та умови проходження етапів органогенезу, вивчили вплив технологічних чинників (системи захисту, варіантів удобрення, тощо) на формування елементів продуктивності пшениці ярої.

Погодні умови вегетаційного періоду 2016–2020 рр. Погодні умови – один із найважливіших чинників формування продуктивності сільськогосподарських культур, які змінюються щороку порівняно до багаторічних показників як у бік покращення, так і погіршення умов росту та розвитку рослин, від чого, значною мірою, залежить рівень їх продуктивності.

У зв'язку з кліматичними змінами, які спостерігаються останнім часом, початковий період росту і розвитку ярих культур дедалі частіше характеризується

перевищенням середньобагаторічних показників температури повітря, недостатньою кількістю, або відсутністю опадів та нерівномірністю їх розподілу по території, що спричиняє розвиток посушливих явищ. Зміни клімату мають вплив на аграрний сектор та сільське господарство, спричиняючи проблеми для початкового періоду росту й розвитку ярих культур. Для подолання цих викликів, необхідно вживати заходи для адаптації сільського господарства до зміни клімату. Це може включати в себе застосування нових технологій та методів сільського господарства, які дають змогу зберігати вологу, зменшувати вплив температурних стресів на рослини.

Аналізуючи погодні умови вегетаційного періоду 2016–2020 рр. можна стверджувати, що кліматичні умови регіону зазнали значних змін – спостерігалася стійка тенденція до зменшення річної кількості опадів і погіршення рівномірності їх випадання на тлі зростання середньомісячних та середньорічної температури повітря.

Погодні умови 2016 р. певною мірою впливали на формування продуктивності пшениці ярої. Вегетаційний період 2016 рр. відзначився задовільними агрометеорологічними умовами ранньовесняного періоду; нерівномірним розподілом опадів і підвищеним температурним режимом у весняно-літній період.

У 2017 р. мінливий характер погоди у березні не дав змогу розпочати сівбу ранніх ярих зернових, яка була проведена на початку квітня після випадіння ефективних опадів на початку першої декади. З початку березня і до кінця вегетації ярих зернових культур спостерігали перевищення середніх місячних температур повітря та значний дефіцит опадів. Загалом за період активної вегетації пшениці ярої, з 1 квітня по кінець другої декади липня кількість опадів становила лише 76 мм, або 32% до норми за цей період, а показник ГТК за увесь період активної вегетації не перевищував 0,56 і характеризувався гостро посушливими умовами. Збільшення середніх температур навесні призвело до раннього росту і цвітіння рослин. Поєднання високої температури зі зниженням вологості спричинило стрес для рослин і негативно позначилося на їх розвитку.

У 2018 р. сівбу пшениці ярої провели 11 квітня. Вегетація культури у квітні проходила за підвищеного теплового режиму (на 4,6 °C вище за норму) і дефіциту опадів, сума яких за місяць сягала 5,6 мм, або 11% до норми. Агрометеорологічні умови вегетації у травні та червні відзначались подальшим

зростанням середньодобових температур і перевищенням їх середньобагаторічних показників та дефіцитом опадів, кількість яких від сходів до початку наливу зерна сягала лише 22,0 мм за норми для цього періоду 122,3 мм. Натомість подальший період вегетації характеризувався високими середньодобовими температурами і періодичними зливами. Погодні умови такого характеру були малосприятливими для формування, наливу і досягання зерна.

Погодні умови вегетаційного періоду 2019 р. загалом обмежили формування високого врожаю культури, проте сприяли отриманню якісного зерна. Сівбу пшениці м'якої ярої у цьому році провели 21 березня. У квітні вегетація проходила за підвищеного теплового режиму (на 2,1 °C вище за норму), за кількості опадів, сума яких за місяць становила 36,0 мм, або 74% до норми. У першій декаді травня умови вегетації відзначились надмірною (понад 2,5 декадних норми) кількістю опадів та помірними середньодобовими температурами повітря. Подальша вегетація культури у травні та червні проходила в умовах дефіциту опадів і стрімкого зростання середньодобових температур. Загалом за період вегетації культури ГТК сягав 0,7, за середньо багаторічного його значення 1,2.

Упродовж вегетації пшениці ярої у 2020 р. несприятливе поєднання гідротермічних показників в окремі періоди росту і розвитку до певної міри гальмувало реалізацію генетичного потенціалу цієї культури. У цьому році сівбу пшениці м'якої ярої провели 19 березня. Перша половина вегетації (від сходів до початку колосіння) охарактеризувалася контрастністю погодних умов (від дефіциту опадів та суми активних температур вище 10 °C у період сходів до перевищення їх середньобагаторічних значень відповідно у 6 та 1,5 рази – в період кушення), у результаті чого ГТК за цей період сягав 2,35. Колосіння проходило за відсутності опадів із сумою активних температур понад 10°C, що становили 180% від середніх багаторічних значень за цей період. Досягання відбувалося в умовах дефіциту опадів при ГТК рівному 0,3. Отже, згідно з даними дисперсійного аналізу частка участі фактора «рік» становила 35,8%.

Однак, незважаючи на значну строкатість погодних умов, їх відхилення від середніх багаторічних значень в окремі періоди росту і розвитку, рівень урожайності культури дав можливість отримати достовірні результати закономірностей впливу технологічних чинників, які вивчалися у досліді.

Результати та їх обговорення. Дослідженнями 2016–2020 рр. встановлено, що вищу врожайність пшениці ярої забезпечили варіанти технології, де проводили підживлення рослин на 30 та 48 стадіях ВВСН та внесення біостимуляторів росту рослин. За вирощування пшениці м'якої ярої сорту Недра без добрив (контроль) за інтегрованої системи разом із біостимуляторами, приріст урожайності щодо інтегрованої системи становив 0,19 т/га, за абсолютних показників урожайю зерна на цьому варіанті 2,05 і 2,24 т/га відповідно до систем захисту (табл. 1). Ці дослідження свідчать про значний вплив технологічних аспектів, зокрема застосування підживлення рослин на конкретних стадіях росту та внесення біостимуляторів росту рослин, на врожайність пшениці ярої сорту Недра.

За технології вирощування пшениці ярої, яка передбачала застосування лише побічної продукції попередника, в середньому за 3 роки, отримали врожайність на рівні 2,27 т/га за інтегрованої системи захисту та 2,44 т/га за інтегрованої системи захисту в поєднанні із застосуванням біостимуляторів. Отже, заробляння побічної продукції попередника забезпечило збільшення продуктивності культури лише на 0,20 – 0,22 т/га. При цьому, слід відмітити, що ефективність застосування біостимуляторів росту становила лише 0,17 т/га.

Ефективність як окремих елементів технології вирощування, так і комплексного їх застосування визначали, розраховуючи прирости врожайності від

впливу відповідних чинників. Серед чинників, що вивчалися, найвпливовішим був «удобрення». Це підтверджується як результатами дисперсійного аналізу даних (частка участі чинника 32,3%), так і значними приростами зерна. Щодо ефективності застосування різних систем захисту в посівах пшениці ярої, то кращою була інтегрована система, яка включала застосування біостимуляторів росту (частка участі чинника 2,8%) і забезпечила приріст урожайності від 0,17 до 0,26 т/га зерна.

Встановлено, що за вирощування пшениці ярої за технологією, яка передбачала внесення мінерального добрива у дозі $N_{30}P_{30}K_{30}$ до сівби + N_{15} в підживлення на 30 стадії ВВСН на фоні заробляння побічної продукції попередника, в середньому за 2016–2020 рр., отримали врожайність культури на рівні 3,22–3,37 т/га залежно від систем захисту. Приріст урожайності від дії добрив та побічної продукції попередника сягав 1,17 т/га за інтегрованого захисту та 1,13 т/га за інтегрованого захисту в поєднанні із застосуванням біостимуляторів. Застосування біостимуляторів росту за такого поєднання елементів технології забезпечило підвищення врожайності на 0,15 т/га. За цієї технології вирощування окупність 1 кг добрив по досліді була максимальною і становила 10,8–11,1 кг.

За технології, яка включала заробляння побічної продукції попередника та внесення $N_{45}P_{90}K_{90}$ до сівби і в підживлення N_{45} на 30 та N_{45} на 48 стадіях ВВСН приріст урожайності сягав 2,13–2,20 т/га, а ефект

Таблиця 1. Урожайність пшениці м'якої ярої сорту Недра залежно від елементів технології вирощування, 2016–2020 рр.

Зміст варіантів з удобренням	Урожайність за системи захисту, т/га		Ефект від біостимуляторів, ± т/га	Ефект від добрив та побічної продукції, ±т/га		Окупність 1 кг добрив зерном, кг	
	I	II		I	II	I	II
Без добрив (контроль)	2,05	2,24	0,19	0	0	0	0
Побічна продукція попередника (ППП)	2,27	2,44	0,17	0,22	0,20	0	0
ППП + $N_{30}P_{30}K_{30}$ + N_{15} на 30 _(ВВСН)	3,22	3,37	0,15	1,17	1,13	11,1	10,8
ППП + $N_{30}P_{60}K_{60}$ + N_{30} на 30 _(ВВСН) + N_{30} на 48 _(ВВСН)	3,52	3,70	0,18	1,47	1,46	7,0	7,0
ППП + $N_{60}P_{80}K_{80}$ + N_{60} на 30 _(ВВСН) + N_{30} на 48 _(ВВСН)	3,76	3,96	0,20	1,71	1,72	5,5	5,5
ППП + $N_{45}P_{90}K_{90}$ + N_{45} на 30 _(ВВСН) + N_{45} на 48 _(ВВСН)	4,18	4,44	0,26	2,13	2,20	6,8	7,0
НІР ₀₅ загальна – 0,34 т/га; для фактора «удобрення» – 0,10 т/га; «біостимулятори» – 0,04 т/га; «рік» – 0,07 т/га							

Примітка. I – інтегрована система захисту; II – інтегрована система захисту + біостимулятори.

від застосування біостимуляторів становив 0,26 т/га. Поєднання цих елементів технології, в середньому за п'ять років, забезпечило отримання найвищої врожайності пшениці м'якої ярої на рівні 4,44 т/га, а окупність 1 кг добрив зерном – 7 кг.

Подальше підвищення рівня застосування азотних добрив, яке використовували у високоінтенсивних технологіях вирощування пшениці ярої м'якої не сприяло зростанню її врожайності. Зокрема модель технології, розрахована балансовим методом на запланований урожай (6,5 т/га), яка передбачала внесення $N_{60}P_{80}K_{80}$ до сівби та в підживлення N_{60} на 30 та N_{30} на 48 стадіях ВВСН на фоні заробляння побічної продукції попередника в середньому за роки досліджень хоч і забезпечила 3,76–3,96 т/га, але запланованого рівня не було досягнуто. В цьому випадку комплексне застосування мінеральних добрив та побічної продукції попередника підвищило врожайність культури на 1,71–1,72 т/га за обох систем захисту, проте різко знизилася окупність 1 кг мінеральних добрив і була найнижчою у досліді – 5,5 кг. Причиною такої неефективної дії підвищених доз мінеральних добрив є вилягання посівів і, як наслідок, формування врожаю з низькою масою 1000 зерен, проте біохімічні показники якості зерна були високими.

Слід зазначити, що комплексне застосування елементів технології вирощування пшениці м'якої ярої істотно впливало не лише на рівень урожайності, а й на показники якості зерна. Зокрема, в середньому за роки досліджень, найвищі показники вмісту білка в зерні – 17,0%, та клейковини – 30,51% 1 класу якості

(згідно з ДСТУ 3768: 2019 [9]) були отримані за інтегрованої системи захисту у поєднанні із біостимуляторами росту на фоні застосування побічної продукції попередника та внесення $N_{45}P_{90}K_{90}$ до сівби і в підживлення N_{45} на 30 ВВСН та N_{45} на 48 ВВСН (табл. 2). На фоні інтегрованої системи захисту на аналогічному варіанті удобрення вміст білка та клейковини в зерні був нижчий і сягав 16,9 і 30,1% відповідно.

Згідно з ДСТУ 3768: 2019 в зерні пшениці ярої 1 класу якості вміст білка має становити не менше 14%, а клейковини не менше 28%. Зерно пшениці ярої сорту Недра з вмістом білка понад 14%, який відповідає 1 класу якості, отримали на всіх варіантах досліді, де вносили підвищені дози мінеральних добрив в основне удобрення та проводили за вегетацію два підживлення рослин незалежно від системи захисту.

У середньому за роки досліджень на фоні заробляння побічної продукції попередника та внесенні $N_{30}P_{30}K_{30}$ до сівби і в підживлення N_{15} на 30 стадії ВВСН як за інтегрованої системи захисту, так і за інтегрованої в поєднанні з біостимуляторами отримали зерно 2 класу якості, із вмістом білка 13,7–14,0% та клейковини 24,7–25,2%.

Аналіз якісних показників показав, що застосування біостимуляторів росту рослин в поєднанні з мінеральними добривами, більш істотно впливало на збільшення маси 1000 зерен, ніж на інші показники якості зерна культури, такі як натура зерна та вміст білка і клейковини. Спостерігається тенденція до підвищення зборів білка і клейковини, але за рахунок приростів врожаю від їх застосування.

Таблиця 2. Вплив елементів технології вирощування на якість зерна пшениці м'якої ярої сорту Недра, 2016–2020 рр.

Зміст варіантів з удобренням	Показники якості зерна за системи захисту*											
	Маса 1000 зерен, г		Натура г/л		Сирий білок				Сира клейковина			
					вміст, %		збір, т/га		вміст, %		збір, т/га	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
Без добрив (контроль)	37,0	36,4	778	776	12,4	12,6	0,23	0,23	21,5	22,6	0,42	0,42
Побічна продукція попередника (ППП)	38,3	37,6	777	777	12,6	12,4	0,27	0,27	21,8	21,9	0,48	0,49
ППП + $N_{30}P_{30}K_{30}$ + N_{15} на 30 _(ВВСН)	38,6	39,3	777	783	14,0	13,7	0,38	0,39	25,2	24,7	0,72	0,74
ППП + $N_{30}P_{60}K_{60}$ + N_{30} на 30 _(ВВСН) + N_{30} на 48 _(ВВСН)	36,7	37,1	789	778	15,6	16,7	0,54	0,48	27,6	27,1	0,98	0,94
ППП + $N_{60}P_{80}K_{80}$ + N_{60} на 30 _(ВВСН) + N_{30} на 48 _(ВВСН)	36,7	37,1	787	778	16,9	16,7	0,67	0,60	30,7	30,5	1,20	1,20
ППП + $N_{45}P_{90}K_{90}$ + N_{45} на 30 _(ВВСН) + N_{45} на 48 _(ВВСН)	37,5	38,6	782	782	16,9	17,0	0,70	0,67	30,1	30,5	1,26	1,31

Примітка. I – інтегрована система захисту; II – інтегрована система захисту + біостимулятори.

Таблиця 3. Економічна ефективність технології вирощування пшениці м'якої ярої сорту Недра, 2016–2020 рр. (у цінах 2020 р.)

Зміст варіантів з удобренням	Виробничі витрати, тис. грн/га		Собівартість зерна, тис. грн/т		Прибуток, тис. грн/га		Ефективність побічної продукції попередника, тис. грн/га		Ефективність біостимуляторів, тис. грн/га
	I	II	I	II	I	II	I	II	
Без добрив (контроль)	7,19	7,19	3,5	3,2	8,9	10,3	–	–	1,4
Побічна продукція попередника (ППП)	7,39	7,39	3,3	3,0	10,5	11,8	–	–	1,3
ППП + N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀ + N ₁₅ на 30 (ВВСН)	10,6	10,6	3,3	3,2	14,6	16,0	4,1	4,2	1,4
ППП + N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀ + N ₃₀ на 30 (ВВСН) + N ₃₀ на 48 (ВВСН)	13,4	13,4	3,8	3,6	14,8	16,2	4,3	4,4	1,4
ППП + N ₆₀ P ₈₀ K ₈₀ + N ₆₀ на 30 (ВВСН) + N ₃₀ на 48 (ВВСН)	16,2	16,2	4,3	4,1	13,9	15,5	3,4	3,7	1,6
ППП + N ₄₅ P ₉₀ K ₉₀ + N ₄₅ на 30 (ВВСН) + N ₄₅ на 48 (ВВСН)	16,3	16,3	3,9	3,7	17,2	19,2	6,7	7,4	2,0

Примітка. I – інтегрована система захисту; II – інтегрована система захисту + біостимулятори.

Важливою характеристикою застосування мінеральних добрив та біостимуляторів росту у виробничих умовах та наукових дослідженнях є їх економічна ефективність.

За результатами розрахунків економічної ефективності встановлено, що за низьких виробничих витратах на придбання та внесення біостимуляторів росту економічний ефект від їх застосування варіював від 1,3 до 2,0 тис. грн/га в різних за рівнем удобрення технологіях вирощування пшениці м'якої ярої сорту Недра. Ефективність внесення мінеральних добрив варіювала від 5,0 до 8,9 тис. грн/га за різних систем захисту, а собівартість 1 т зерна при цьому знижувалась на 0,20 – 0,57 тис. грн (табл. 3).

Зокрема, за комплексного застосування біостимуляторів росту на фоні заробляння побічної продукції попередника та внесення N₄₅P₉₀K₉₀ до сівби і в підживлення N₄₅ на 30 та N₄₅ на 48 стадіях ВВСН отримали найвищий рівень прибутку – 19,2 тис. грн/га, що свідчить про високий економічний ефект від застосування цієї комбінації технологій та заходів догляду за посівами пшениці ярої. Ефект від застосування біопрепаратів сягав 2,0 тис. грн/га, а від мінеральних добрив 8,9 тис. грн/га за собівартості 1 т зерна 3,7 тис. грн.

Висновки

Проведені дослідження з вивчення ефективності вирощування пшениці м'якої ярої, свідчать про необхідність комплексного застосування елементів

адаптивної технології, зокрема побічної продукції попередників, мінеральних добрив, біостимуляторів росту рослин, систем захисту посівів. Застосування підживлення рослин на конкретних стадіях росту дало змогу забезпечити вищу врожайність. Це пов'язано з тим, що саме на цих стадіях рослини потребують підвищеної кількості поживних речовин для формування зерна та збільшення врожайності.

Найвищий рівень реалізації продуктивності пшениці м'якої ярої сорту Недра – 4,44 т/га зерна 1 класу якості, у середньому за роки досліджень, одержали за технології, яка передбачала внесення мінерального добрива у дозі N₄₅P₉₀K₉₀ до сівби та по N₄₅ на 30 і 48 стадіях ВВСН на фоні заробляння побічної продукції попередника та інтегрованої системи захисту в поєднанні із застосуванням біостимуляторів росту рослин. За цієї технології отримали найвищий економічний ефект від застосування біостимуляторів росту – 2,0 тис. грн/га, за зниження собівартості виробництва 1 т зерна на 0,2 тис. грн. Отримані результати свідчать про ефективність певної комбінації технологічних заходів для вирощування пшениці м'якої ярої сорту Недра.

Застосування біостимуляторів росту в поєднанні з мінеральними добривами, більше впливало на підвищення маси 1000 зерен, ніж на інші показники якості зерна пшениці м'якої ярої, як-от вміст білка і клейковини та натура зерна.

ЛІТЕРАТУРА

1. Балюк С.А. Підсумки діяльності Українського товариства ґрунтознавства та агрохіміків у 2010–2014 рр. і актуальні завдання на перспективу. Агрохімія і ґрунтознавство. 2015. Спец. вип. : Охорона ґрунтів – основа сталого розвитку України : IX з'їзд Українського товариства ґрунтознавців та агрохіміків. Кн. I. Пленарні доп. С. 3–17.
2. Вирощування високоякісного зерна пшениці, ячменю і гороху: науково-методичні рекомендації. Херсон: Олді-плюс, 2010. 44 с.
3. В.В. Гамаюнова, В.Ф. Дворецький. Підвищення продуктивності ярих зернових культур шляхом оптимізації живлення рослин в умовах Степу України: *Вісник ЖНАЕУ*. 2016. №1 (1). С. 74–80.
4. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). Б5-е изд., доп. и перераб. Москва: Агропромиздат, 1985. 351 с.
5. Енциклопедія сільського господарства. Технологія вирощування ярої пшениці. Інститут водних проблем і меліорації НААН України. URL: <http://ias.pp.ua> (дата звернення: 20.09.2020).
6. Карпенко В.П. та ін. Біологічні основи інтегрованої дії гербіцидів і регуляторів росту рослин. Умань: «Сочинський», 2012. 357 с.
7. Методика державного сорто випробування сільськогосподарських культур. Київ: 2000. 10 с.
8. Наукові основи агропромислового виробництва в зоні Лісостепу України /редкол. :М.В. Зубець-гол.) та ін. Київ: Аграрна наука, 2010. 980 с.
9. Пшениця. Технічні умови: ДСТУ 3768:2010 [чинний від 2010-03-31]. (Національний стандарт України). Київ: Держспоживстандарт України, 2010.25 с.
10. Регулятори росту рослин. Агрономія сьогодні. URL: <http://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/109-rehulatory-rostu-roslyn.html> (дата звернення 21.10.2021).
11. Сайко В.Ф. Землеробство на шляху до ринку. Київ, 1997. 23 с.
12. Технологія вирощування ярої пшениці в умовах нестійкого зволоження Лісостепу. Наукові розробки – виробництву. Черкаси: ЧіАПВ, 2004. 287 с.
13. Юла В.М., Дрозд М.О. Ефективність застосування біостимуляторів росту в технології вирощування пшениці ярої в Північному Лісостепу. *Землеробство та рослинництво: теорія і практика*. 2021. Вип. 2(2) С.47–54.
14. Altenbach S.B. Temperature, water and fertilizer influence the timing of key events during grain development in a US spring wheat. *Journal of Cereal*. 2003. № 37. P. 9–20.

REFERENCES

1. Baliuk S. A. (2015). Pidsumky diialnosti Ukrainkoho tovarystva gruntoznavstva ta ahrokhimikiv u 2010–2014 rr. i aktualni zavdannia na perspektyvu. *Ahrokhimiia i gruntoznavstvo*. Spets. vyp. : Okhorona hruntiv – osnova staloho rozvytku Ukrainy : IKh z'їzd Ukrainkoho tovarystva gruntoznavstiv ta ahrokhimikiv. Kn. I. Plenarni dop. P. 3–17 [in Ukrainian].
2. Vyroshchuvannia vysokoiakisnoho zerna pshenytsi, yachmeniu i horokhu: naukovo-metodychni rekomendatsii (2010). Kherson: Oldi-plus. 44 p. [in Ukrainian].
3. V.V. Hamaiunova, V.F. Dvoretzkyi. (2016). Pidvyshchennia produktyvnosti yarykh zernovykh kultur shliakhom optymizatsii zhyvlennia roslyn v umovakh Stepu Ukrainy. *Visnyk ZhNAEU*, (53), 1,74–80 [in Ukrainian].
4. Dospekhov B. A. (1985). Metodyka polevoho opyta (s osnovamy statystycheskoi obrabotky rezultatov yssledovanyi). 5-e yzd., dop. y pererab. Moskva: Ahropromydat. 351 p. [in Russian].
5. Entsyklopediia silskoho gospodarstva. Tekhnolohiia vyroshchuvannia yaroi pshenytsi. Instytut vodnykh problem i melioratsii NAAN Ukrainy. URL: <http://ias.pp.ua> (data zvernennia: 20.09.2020) [in Ukrainian].
6. Karpenko V.P. (2012). Biolohichni osnovy intehrovanoi dii herbitydiv i rehulatoriv rostu roslyn Uman: «Sochynskiy». 357 p. [in Ukrainian].
7. Metodyka derzhavnoho sortovyprobuvannia silskohospodarskykh kultur (2000).Kyiv. 10 p. [in Ukrainian].
8. Naukovi osnovy ahropromyslovoho vyrobnytstva v zoni Lisostepu Ukrainy (2010).Redkol.: M.V. Zubets(holova) ta in. Kyiv: Ahrarna nauka. 980 p. [in Ukrainian].
9. Pshenytsia. Tekhnichni umovy: DSTU 3768:2010 [chynnyi vid 2010-03-31]. (Natsionalnyi standart Ukrainy). Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy. 2010. 25 p. [in Ukrainian].
10. Rehulatory rostu roslyn. Ahronomiia sohodni. URL: <http://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/109-rehulatory-rostu-roslyn.html> (data zvernennia 21.10.2021) [in Ukrainian].
11. Saiko V.F. (1997). Zemlerobstvo na shliakhu do rynku. Kyiv. 23 p. [in Ukrainian].

12. Tekhnolohiia vyroshchuvannia yaroї pshenytsi v umovakh nestiikoho zvolozhennia Lisostepu. Naukovі rozrobky – vyrobnytstvu (2004). Cherkasy: ChiAPV. 287 p. [in Ukrainian].
13. Yula V.M., Drozd M.O. (2021). Efektyvnist zastosuvannia biostymulatoriv rostu v tekhnolohii vyroshchuvannia pshenytsi yaroї v pivnichnomu Lisostepu. *Zemlerobstvo ta roslynnystvo: teoriia i praktyka*, 2(2), 47–54 [in Ukrainian].
14. Altenbach S.B. (2003). Temperature, water and fertilizer influence the timing of key events during grain development in a US spring wheat. *Journal of Cereal Science*, 37, 9–20 [in English].

Yula V.M., Drozd M.O.

Optimization of the system of fertilizer and measures of supervision is upon sowing of wheat furious in a north to Forest-Steppe

Aim. Improvement of adaptive technologies by optimizing the fertilization system and taking care of spring wheat crops: treatment of crops with re-regulating substances against the background of the main application of mineral fertilizers in the conditions of the northern forest-steppe of Ukraine to obtain high yields and grain quality. The practical significance of the obtained results lies in the improvement and introduction into the production of adaptive and competitive technologies for growing spring wheat. **Methods.** Field, weight, morphophysiological, laboratory, as well as the goal of mathematical statistics. **Results.** According to the cultivation technology, which provided for the introduction of $N_{45}P_{90}K_{90}$ before sowing and N_{45} at the 30th and 48th stages of development according to BBCH against the background of earning by-products of the predecessor and integrated protection of crops in combination with the use of biostimulants of growth, on average, over the years of research, they received the highest yield of soft spring wheat - 4.44 t/ha. The yield increase for this technology compared to the control was 2.20 t/ha. The content of crude protein under these growing conditions was 17.0%, crude gluten – 30.51%, which corresponds to the 1st class of grain quality according to DSTU 3768:2019 (National Standard of Ukraine). **Conclusions.** On average, during the years of research, we obtained an increase in the yield of soft spring wheat from the use of growth biostimulators at the level of 0.15-0.26 t/ha, depending on the level of fertilization in the cultivation technology. The effect of using mineral fertilizers was 0.20 - 2.20 t/ha, depending on the level of fertilization and the protection system. By-products of the precursor did not affect spring wheat yield, only in combination with mineral fertilizers and growth biostimulator. The use of biostimulators of growth in combination with mineral fertilizers, to a greater extent, influenced the increase in the weight of 1000 grains. For the technology, which provided for the application of mineral fertilizer in a dose of $N_{45}P_{90}K_{90}$ before sowing and according to N_{45} at the 30th and 48th stages of development according to BBCH against the background of earning by-products of the predecessor and an integrated protection system, the highest economic effect was obtained - 2.0 thousand UAH/ha, for reducing cost of production of 1 ton of grain by 0.23 thousand hryvnias.

Key words: yield, mineral fertilizers, spring wheat, precursor by-products, cultivation technology, protection system, growth biostimulator.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Юла В.М., кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, завідувач відділу технологій зернових колосових культур, ННЦ «ІЗ НААН», тел. 0977757588, e-mail: tehnosntensiv@gmail.com, ORCID: 0000-0001-7298-9522.

Дрозд М.О., кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник відділу технологій зернових колосових культур, ННЦ «ІЗ НААН», тел. 0973115291, e-mail: drozdu2018@gmail.com, ORCID: 0000-0002-6078-0120.

Yula V.M., Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Head of Department of Cereal Spiked Crops Technologies, NSC «Institute of Agriculture NAAS», ph. 0977757588, e-mail: tehnosntensiv@gmail.com, ORCID: 0000-0001-7298-9522.

Drozd M.O., Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher of Department of Cereal Spiked Crops Technologies, «Institute of Agriculture NAAS», ph. 0973115291, e-mail: drozdu2018@gmail.com, ORCID: 0000-0002-6078-0120.

Надійшла 24.09.2023

ВИРОЩУВАННЯ ЖИТА ОЗИМОГО В СИСТЕМІ ОРГАНІЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА В ПРАВОБЕРЕЖНОМУ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

П.В. Романюк, В.М. Юла, Т.В. Єгупова, С.П. Шляхтурова, Ю.В. Щербакова

ННЦ «Інститут землеробства НААН» (смт Чабани, Україна)

Мета. Вивчити органічну систему вирощування жита озимого, яка ґрунтувалася на оптимальному поєднанні застосування сидератів, біопрепаратів та стимуляторів росту органічного походження, а також порівняти її продуктивність з традиційними для зони інтенсивними технологіями. **Методи.** Польовий (для визначення взаємодії об'єкта з природними та досліджуваними факторами), ваговий (для встановлення урожайності та її структури), морфофізіологічний (для біологічного контролю за ростом та розвитком елементів продуктивності по етапам органогенезу), лабораторний (хімічний і фізико-хімічний аналіз основної продукції), а також метод математичної статистики з використанням основних і спеціальних статистичних показників та критеріїв. **Результати.** Встановлено, що найвища урожайність жита озимого за органічної системи вирощування 3,95 т/га була відмічена на варіанті, де застосовували сумісне внесення органо-мінерального добрива Рокогумін (3 рази по 5 л/га відповідно на 27-28, 30-31, та 58-59 стадіях розвитку рослин) та органічного добрива Біо-гель (2 рази по 1,5 л/га відповідно на 27-28 та 30-31 стадіях) у поєднанні з регулятором росту Регоплант (2 рази – на 27-28 та 30-31 стадіях по 50 мл/га) на фоні заробляння сидерального пару (30 т/га зеленої маси гороху). Дана продуктивність культури формувалася за рахунок оптимальних параметрів ценозу посівів. Зокрема кількість продуктивних стебел, що збереглися до збирання становила 485 шт./м², на кожному з яких було по 0,81 г зерна. Така густина стояння жита озимого сильно вплинула на забур'яненість посівів. У процесі росту та розвитку ценозу основної культури ріст бур'янів пригнічувався, а деяких і призупинявся і їхня кількість у фазі повної стиглості жита озимого зменшилася, залежно від варіантів дослідів на 90–95%, до 15–25 шт./м². Ця органічна технологія вирощування жита озимого була кращою за ресурсощадну технологію, урожайність якої в умовах досліджень становила 3,59 т/га, не зважаючи на те, що в ній застосовували всі необхідні дороговартісні агрохімікати. Нижча продуктивність жита озимого за органічного землеробства порівняно з інтенсивною та високоінтенсивною технологіями прогнозована. Рівень урожайності у 5,0 т/га, яка забезпечила інтенсивна та 5,46 т/га високоінтенсивна технології дуже високий для органічного землеробства. **Висновки.** Таке поєднання застосування органічних добрив із стимулятором росту за органічної системи землеробства забезпечило приріст урожайності жита озимого відносно контролю на 0,31 т/га і забезпечило 13268 грн/га чистого прибутку при 150% рівні рентабельності. Відмічена тенденція високої стійкості жита озимого до негативного впливу шкідників та хвороб, зростання ступенів конкурентоспроможності рослин у боротьбі з бур'янами за рахунок збільшення густоти ценозу. **Результати досліджень дають право констатувати, що урожайність жита озимого, яку можливо отримати за органічної системи землеробства може конкурувати з мінеральними технологіями доза добрив, у яких не перевищує $N_{45}P_{45}K_{45}$. Отже, враховуючи рівень урожайності жита озимого, а також економічні показники його вирощування у системі органічного виробництва можна припустити, що майбутнє органічного виробництва жита озимого в Правобережному Лісостепу України є досить перспективним.**

Ключові слова: біопрепарат, органічне добриво, сидерат, стимулятор росту, ресурсощадна, інтенсивна, високоінтенсивна технології, побічна продукція.

Вступ. На сучасному етапі розвитку сільського господарства ступінь продовольчої та екологічної безпеки істотно зумовлено альтернативними системами вирощування культур, які повинні бути високоефективними і максимально спрямовані на збереження природних ресурсів агросфери. Серед таких систем найбільший розвиток отримало органічне виробництво. Відзначимо, що ринок органічної продукції динамічно розвивається і зростає. Це стимулює і розвиток аграрної науки у напрямку досліджень органічних технологій вирощуванні сільськогосподарських культур [3].

Особливо важливим в органічному землеробстві є питання забезпечення вирощуваних культур достатньою кількістю елементів живлення без застосування синтетичних мінеральних добрив. Провідну роль у цьому можуть відіграти місцеві відновлювальні ресурси, сидерати, побічна продукція рослинництва, нові види органічних добрив, тощо. Не менш важливим є також пошук нових біологічних препаратів із фунгіцидними та інсектицидними властивостями. Найчастіше у цій ролі виступають сертифіковані препарати на основі гумінових та фульвових кислот, а також стимулятори росту. Актуальність органічного виробництва сільськогосподарських культур виросла в декілька разів під час встановлення військового стану, коли зменшилася можливість виробництва і закупки енергоносіїв та різного роду агрохімікатів необхідних для росту та розвитку рослин.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Жито почали вирощувати на Україні понад три тисячі років тому [1].

Жито – цінна продовольча культура. Як хлібна культура вона посідає друге місце після пшениці, хоча за поживними якостями житній хліб переважає пшеничний. Його зерно містить повноцінні по амінокислотному складу білки. Воно багате вуглеводами, жирами і вітамінами. Харчові продукти, виготовлені з жита користуються великим попитом у населення. Крім того, великі можливості є для виробництва із зерна та біомаси жита крохмалю, спирту, біоенергії, комбікорму, а також кондитерських виробів [8].

Жито озиме вважається поліською культурою. Через свою толерантність до умов вирощування понад 65% посівів жита озимого на Україні розміщені на бідних ґрунтах зони Полісся, 20% у Лісостепу і лише 15% у Степу [11]. Внаслідок незаслуженої непоширеності жита озимого протягом тривалого часу в сучасній науковій літературі міститься дуже мало інформації про

технології вирощування цієї культури, а особливо за органічної системи землеробства. Найбільше уваги з вивчення культури нині приділяється Інститутом сільського господарства Полісся [2;3;7;12;14], Інститутом рослинництва ім. В.Я. Юр'єва [1] та ННЦ «Інститут землеробства НААН» [13;15;16]. Найбільш відомі роботи з органічного жита проводяться у Поліссі [3;14]. Наукових результатів досліджень з органічного вирощування жита озимого у зоні Лісостепу на теренах Інтернету поки що немає. Це ще раз підкреслює актуальність цієї роботи.

Матеріали та методи досліджень.

Методика досліджень. Дослідження з вивчення впливу комплексного застосування технологічних факторів та засобів біологізації на продуктивність жита озимого для виробництва органічної продукції проводили у напівстаціонарному досліді на темно-сірому опідзоленому ґрунті протягом 2019-2020 рр.

Агрохімічна характеристика темно-сірого опідзоленого ґрунту, на якому закладено дослід така: вміст гумусу – 1,94%, вміст лужногідролізованого азоту (за Корнфілдом) – 97 мг N на кг ґрунту (дуже низький рівень), вміст рухомого фосфору (за Чиріковим) – 172 мг/кг ґрунту (високий рівень), вміст рухомого калію (за Чиріковим) – 102 мг/кг ґрунту (підвищений рівень) [6]. Реакція ґрунтового середовища ($pH_{\text{сол.}}$ 5,3) – слабо кисла, гідролітична кислотність – 2,89 м-екв/100 г ґрунту, сума ввібраних основ – 13,1 м-екв/100 г ґрунту.

Система обробки ґрунту загальноприйнята для лісостепової зони і включає обробіток дисковою бороною АГД – 2,5 на глибину 10–12 см, до якісного заробляння сидеральної культури. Передпосівний обробіток ґрунту проводили агрегатом типу «Європак» на глибину загортання насіння [10].

Жито озиме висівали в оптимальні для зони строки посіву 18 вересня 2018 та 24 вересня 2019 р. з нормою висіву 3,8 млн схожих насінин на 1 га [17].

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

Сорт жита озимого Левітан – селекції ННЦ «ІЗ НААН», включений до Реєстру сортів рослин, придатних до поширення в Україні.

Схема досліду включала позакореневе підживлення орґано-мінеральними добривами + обробка посівів стимулятором росту на фоні сидерату (30 т/га зеленої маси гороху) (табл. 1).

Повторність досліду – чотириразова. Загальна площа під дослідом сягає 0,32 га, площа облікової ділянки – 12,4 м².

Характеристика біопрепаратів

Рокогумін рідкий – рідке органо-мінеральне добриво (N – не менше 4,0 %, P₂O₅ – не менше 9,0%, K₂O – не менше 14%, гумінові кислоти – не менше 13 % та мікроелементи – Ca, Mg, B, Cu, Fe, Mn, Mo, Zn – на рівні фізіологічних значень). Рекомендована норма внесення препарату – триразове обприскування посівів по 5 л/га у фазі кущення, вихід у трубку та колосіння. Дозволено для використання в органічному землеробстві.

Регоплант – біостимулятор рослин із серії композиційних препаратів, в основу дії якого покладено синергічний ефект взаємодії продуктів біотехнологічного культивування грибів – мікроміцетів із кореневої системи женьшеню і аверсектина. До складу препарату входить біопрепарат з антипаразитарною дією. Норми внесення препарату Регоплант 50 мл/га у фазі кінець кущення та 50 мл/га вихід в трубку. Дозволено для використання в органічному землеробстві.

Біо-гель – органічне добриво на основі гуматів, яке містить у собі N –0,30%; P₂O₅ –0,30%; K₂O – 0,05%, Мп – 10,6–16,0, Мо – 0,20–0,30%, Zn – 0,77–1,20%, Cu – 0,45–0,70%, Со – 0,53–0,80%, В – 0,45–0,70%, а також сапрофітні мікроорганізми природної органічної сировини. Норма внесення препарату по 1,5 л/га. Дозволено для використання в органічному землеробстві.

Крім того, в умовах 2019-2020 рр. на тих самих ґрунтах, з тим самим сортом жита озимого і з таким самим обробітком ґрунту вивчалися: **ресурсощадна** технологія, яка базується на внесенні повного мінерального добрива у дозі N₄₅P₄₅K₄₅ (азот по 20 і 25 кг/га відповідно на II і IV етапах органогенезу

рослин); **інтенсивна** технологія, основою якої є внесення мінерального добрива у дозі N₉₀P₉₀K₉₀ (азот по 20, 50 і 20 кг/га відповідно на II, IV і VII етапах органогенезу рослин); **високоінтенсивна** технологія вирощування, яка передбачає внесення повного мінерального добрива у дозі N₁₃₅P₁₃₅K₁₃₅ (азот по 30, 75 і 30 кг/га відповідно на II, IV і VII етапах органогенезу рослин). Внесення мінеральних добрив у цих технологіях відбувалося на фоні заробляння побічної продукції попередника та повного інтегрованого захисту рослин від шкідливих чинників [15].

Методи досліджень – загальноприйняті для польових дослідів і лабораторних аналізів. Польові досліді закладали й виконували з урахуванням вимог методики дослідної справи [4].

Погодні умови вегетаційного періоду 2019-2020 рр.

Погодні умови – один з найважливіших факторів формування продуктивності сільськогосподарських культур, а внаслідок кліматичних змін, які спостерігаються останнім часом, їх вплив на формування врожаю сільськогосподарських культур виріс в рази. Зупинимося лише на тих погодних умовах вегетаційного періоду 2019–2020 рр., які істотно вплинули на ріст та розвиток жита озимого. Передусім це дефіцит вологи в осінній період. Зокрема у серпні 2018 р. сумарна кількість опадів сягала 17,6 мм (26% до норми), а середня місячна температура повітря перевищила норму на 4,2°C (рис. 1). Внаслідок таких погодних умов склалися несприятливі умови для підготовки ґрунту до сівби озимих зернових культур. Запаси продуктивної вологи на таких площах, призначених під сівбу озимих культур на кінець місяця характеризувались як недостатні (менше 20 мм) в шарі ґрунту 0–20 см.

Агрометеорологічні умови зими 2018-2019 рр. для перезимівлі жита озимого склалися задовільно. Рослини культури, на зважаючи на вищу за

Таблиця 1. Схема досліду

№ вар.	Удобрення
1	Контроль (без оброблення);
2	Оброблення посівів стимулятором росту Регоплант (2 рази – на 27-28 та 30-31 стадіях розвитку рослин по 50 мл/га);
3	Оброблення посівів органо-мінеральним добривом Рокогумін (3 рази – 27-28, 30-31 та 58-59 стадіях розвитку по 5 л/га)
4	Оброблення посівів органо-мінеральним добривом Біо-гель (2 рази – на 27-28 та 30-31 стадіях розвитку рослин по 1,5 л/га)
5	Оброблення посівів Регоплант (2 рази на 20-21 та 30-31 стадіях розвитку рослин по 50 мл/га); + Рокогумін (3 рази на 27-28, 30-31 та 58-59 стадіях розвитку по 5 л/га)+ Біо-гель (2 рази на 27-28 та 30-31 стадіях розвитку рослин по 1,5 л/га)

норму середньомісячну температуру повітря січня (на 1,3°C) і лютого (на 3,7°C) всю зиму знаходилися у стані спокою. Найнижче значення температури ґрунту на глибині залягання вузлів кущення жита озимого було відмічено у третій декаді січня і становило $-3,2^{\circ}\text{C}$, що значно менше її критичних значень (-17 – -20°C).

Передпосівний період осені 2019 р. також охарактеризувався значним дефіцитом опадів (у серпні 32% до місячної норми). Такий режим погоди утримувався до середини третьої декади вересня, у другій половині якої випала декадна норма опадів, що до певної міри покращило умови вологозабезпечення озимих зернових культур.

За таких умов сходи жита озимого були недружними і з'явилися через 13–15 діб 7–9 жовтня. Вегетація рослин культури у жовтні проходила за жорсткого дефіциту опадів (22% місячної норми) та середньої місячної температури повітря $10,7^{\circ}\text{C}$, що на $2,6^{\circ}\text{C}$ вище за норму.

Агротемпературні умови для перезимівлі жита озимого, завдяки теплій та безсніжній зимі 2019–2020 рр., склалися задовільно. Грудень та січень охарактеризувалися майже повною відсутністю опадів і перевищенням середньомісячної температури

повітря понад норму на 5°C . Рослини культури через аномально теплу погоду декілька разів за зиму відновлювали повільну вегетацію, а переважно знаходилися в стані неглибокого спокою.

Незважаючи на значну строкатість погодних умов, їх відхилення від багаторічних значень в окремі періоди росту і розвитку жита озимого, рівень та характер урожайності культури дав змогу отримати достовірні результати закономірностей впливу технологічних факторів, які вивчали у досліді.

Результати та їх обговорення. Проведені дослідження показали високу ефективність біологічних препаратів на посівах жита озимого.

Зокрема застосування регулятора росту Регоплант збільшувало врожайність жита озимого на $0,20$ т/га (з $3,64$ т/га до $3,84$ т/га) (табл. 2).

Внесення органо-мінерального добрива Рокогумін підвищувало врожайність культури до $3,79$ т/га, що на $0,15$ т/га більше за контроль. Органічне добриво Біо-гель сприяло збільшенню продуктивності жита озимого на $0,17$ т/га до ($3,81$ т/га). Максимальна ефективність біологічних препаратів у посівах жита озимого була відмічена при їх сумісному використанні. Зокрема внесення комбінації біопрепаратів, що складалася з Регопланту (2 рази по 50 мл/га),

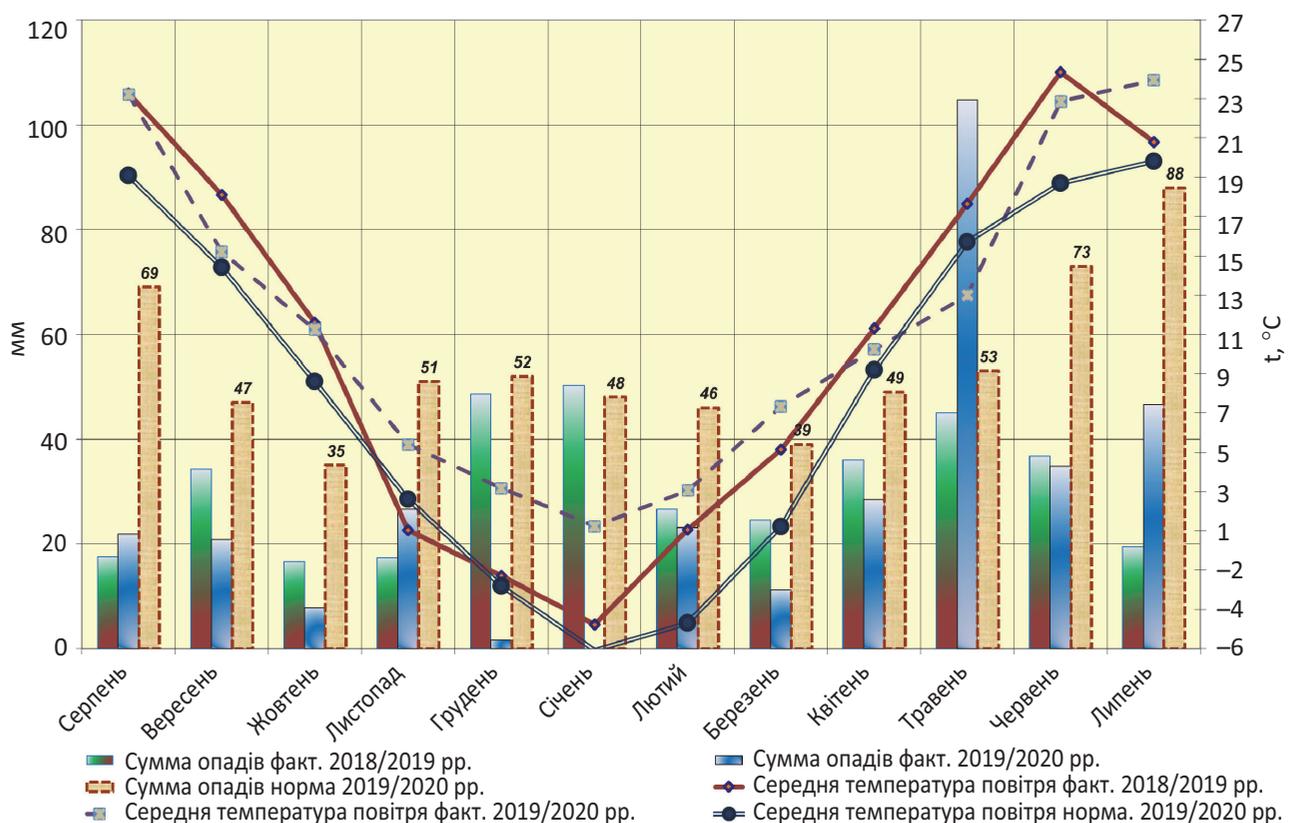


Рис. 1. Середня місячна температура повітря та кількість опадів упродовж вегетаційного періоду 2019–2020 рр.

Таблиця 2. Урожайність зерна жита озимого та його якість у системі органічного землеробства

№ вар.	Зміст варіанта	Урожайність, т/га	+ до контролю	Натура зерна, г/л	Вміст у зерні	
					сирого білка, %	крохмалю, %
1	Контроль	3,64	–	690	9,5	64,9
2	Регоплант (2 рази по 50 мл/га)	3,84	0,20	692	9,7	65,1
3	Рокогумін (3 рази по 5 л/га)	3,79	0,15	695	9,7	64,6
4	Біо-гель (2 рази по 1,5 л/га)	3,81	0,17	695	9,6	64,6
5	Регоплант (2 рази по 50 мл/га); Рокогумін (3 рази по 5 л/га); Біо-гель (2 рази по 1,5 л/га)	3,95	0,31	698	9,5	65,6

НІР05 (т/га)

0,04

Рокогуміну (3 рази по 5 л/га) та Біо-гелю (2 рази по 1,5 л/га) підвищило врожайність культури до 3,95 т/га, що на 0,31 т/га більше, ніж на контролі.

За вирощування жита озимого сформувалося зерно з невисоким вмістом білка (9,5–9,7%), кількість якого не залежала від досліджуваних факторів. Важливим показником якості зерна культури за використання його для виробництва спирту є вміст крохмалю. Аналіз даних вмісту крохмалю в зерні жита озимого показав, що його кількість була високою і не залежала від досліджуваних факторів, оскільки його вміст змінювався у вузьких межах від 64,9% на контрольному варіанті до 65,6% – у варіанті із сумісним застосуванням біопрепаратів.

Згідно з Державним стандартом ДСТУ 4522:2006 «Жито. Технічні умови» зі змінами від 28.08.2009 р. основним показником якості зерна жита озимого, який визначає і його закупівельну вартість, це число падіння, яким оцінюється ступінь автолітичної активності α -амілази борошна та натура зерна [5]. Якщо число падіння знаходиться в межах 80–200 с, а натура зерна не нижча за 660 г/л, то таке зерно використовується в продовольчих цілях, а все інше – в кормових. Представлені дані свідчать про те, що в умовах звітнього року за органічної системи землеробства формувалося продовольче зерно з показниками натури 692–698 г/л (табл. 2).

Натура зерна жита озимого в умовах 2019–2020 рр. не залежала від застосування регулятора росту, органічно-мінерального та органічного добрив внесених як окремо, так і сумісно.

Технології вирощування жита озимого, які використовуються у системі органічного землеробства не можуть забезпечити максимально високу

врожайність культури, але вони через низькозатратність і високу вартість основної продукції дуже рентабельні, і тому найбільш підходять для невеликих фермерських господарств, які тільки починають свою господарську діяльність. Для максимальної реалізації генетичного потенціалу жита озимого існують й інші технології, основою яких є внесення мінеральних добрив та засобів захисту рослин.

Для повної оцінки перспектив вирощування жита озимого за органічної системи землеробства зробимо порівняння продуктивності його кращого варіанта (5) з найбільш розповсюдженими у Правобережному Лісостепу України технологіями вирощування культури (табл. 3).

Аналіз даних таблиці показав, що ефективність технології вирощування культури за органічної системи землеробства була кращою за ресурсощадну технологію, не дивлячись на те, що в ній застосовували дороговартісні агрохімікати. Зокрема урожайність культури за органічної системи землеробства становила 3,95 т/га, а за ресурсощадної технології 3,59 т/га. Низька продуктивність жита озимого за органічного землеробства порівняно з інтенсивною та високоінтенсивною технологіями прогнозована. Рівень урожайності у 5,0 т/га, яка забезпечила інтенсивна та 5,46 т/га високоінтенсивна технології дуже високий для органічного землеробства. Отже можна констатувати, що врожайність жита озимого, яку можливо отримати за органічної системи землеробства може конкурувати з мінеральними технологіями доза добрив, у яких не перевищує $N_{45}P_{45}K_{45}$. Відносно якості зерна жита озимого можна стверджувати таке. Широкий рівень амплітуди показників (від – до), які регламентує ДСТУ 4522:2006 «Жито. Технічні умови»

Таблиця 3. Урожайність та якість зерна жита озимого за різних технологій його вирощування в умовах 2019-2020 рр. на темно-сірому лісовому ґрунті Правобережної України

Технологія вирощування	Урожайність, т/га	+ до органічної	Натура зерна, г/л	Вміст у зерні сирого білка, %
Органічна	3,95	–	698	9,5
Ресурсоощадна	3,59	–0,36	689	9,0
Інтенсивна	5,0	1,05	688	10,9
Високоінтенсивна	5,46	1,51	707	12,3

зі змінами від 28.08.2009 р дає змогу відносити зерно культури до 1-2 класу за всіх цих технологій вирощування.

Тут необхідно відмітити, що недостатньо висока ефективність високих доз мінеральних, а особливо азотних у складі повного мінерального добрива на посівах жита озимого пояснюється досить інтенсивним виляганням рослин від їх дії, причому внесення теперішніх ретардантів не дає бажаного ефекту. Раннє вилягання рослин жита озимого (фаза колосіння–цвітіння), як правило, призводить до погіршення запилення квіток і, в кінцевому результаті, до значного зменшення кількості зерен у колосі. За пізнього вилягання жита озимого формується невисповнене зерно.

Слід відмітити, що основним чинником в інтегрованому захисті за вирощування жита озимого протягом багатьох років досліджень була боротьба проти вилягання, оскільки поріг шкодочинності інших шкідливих організмів у роки проведення досліджень перевершений не був. За вирощування жита озимого за ведення органічного землеробства, без застосування мінеральних добрив вилягання рослин не відмічається і тому його продуктивність успішно може конкурувати з деякими традиційними технологіями,

де використовуються дороговартісні мінеральні добрива.

Підвищення врожайності жита озимого за органічної технології вирощування відбувалося лише за рахунок збільшення продуктивних стебел культури (табл. 4).

Так, застосування стимулятора росту Регоплант сприяло зберігання до збирання 478 шт./м² продуктивних стебел, органо-мінерального добрива Рокогумін – 471 шт./м², а органічного добрива Біо-гель – 475 шт./м² за 761 шт./м² продуктивних стебел на контролі. Їх сумісне застосування, в рекомендованих виробником дозах, збільшило кількість продуктивних стебел до максимального їх значення у досліді – 485 шт./м². Інші показники структури врожаю жита озимого, які найбільше впливають на врожайність культури, від дії біологічних препаратів майже не змінювалися, або змінювалися у незначних межах. Зокрема, маса 1000 зерен, хоч і була на належному, як для диплоїдного сорту жита, рівні, але коливання її значень відбувалося в невеликих границях, від 31,6 до 33,0 г. Кількість зерен у колосі жита озимого під дією біопрепаратів змінювалася у незначних межах від 24,3 до 25,3 шт. зерен на один колос, а їх вага була майже однаковою 0,79–0,81 г/колос.

Таблиця 4. Структура врожаю жита озимого, 2019–2020 рр.

№ вар.	Зміст варіанта	Кількість продуктивних стебел, шт./м ²	Вага зерна з колоса, г/колос	Кількість зерен в колосі, шт./колос	Маса 1000 зерен, г
1	Контроль	461	0,79	24,9	31,7
2	Регоплант (2 рази по 50 мл/га)	478	0,80	24,5	32,8
3	Рокогумін (3 рази по 5 л/га)	471	0,80	25,0	32,2
4	Біо-гель (2 рази по 1,5 л/га)	475	0,80	24,4	32,9
5	Регоплант (2 рази по 50 мл/га); Рокогумін (3 рази по 5 л/га); Біо-гель (2 рази по 1,5 л/га)	485	0,81	25,3	31,6

Отже, можна констатувати, що основним показником структури врожаю, який найбільше вплинув на його величину, в середньому за 2019–2020 рр. була кількість продуктивних стебел на одиниці площі посіву.

Посіви жита озимого з оптимальною густиною спроможні самі, без застосувань хімічних прополок, успішно боротися з однорічними, зимуючими та ранніми ярими бур'янами [9]. Саме такий видовий склад бур'янів і був присутній у посівах культури у роки досліджень. Густина стояння основної культури позитивно вплинула на забур'яненість посівів. Так, на початку трубкування жита озимого, коли різниці в ценозі основної культури від внесених біологічних препаратів ще не було, кількість бур'янів у його посівах була хоч і високою, але майже однаковою (330–345 шт./м²). Така сильна забур'яненість посівів культури пояснюється високою їх кількістю в умовах 2020 р. (до 670 шт./м²) після аномально теплої та безсніжної зими (табл. 5). Злісних засмічувачів посівів культурних рослин, а саме багаторічних та кореневищних бур'янів на посівах жита озимого не було.

У процесі росту та розвитку ценозу основної культури, кількість бур'янів, через їхню неспроможність конкурувати з житом озимим, зменшилася залежно від варіантів досліду на 90–95% до 15–34 шт./м².

Зокрема, кількість бур'янів на контрольному варіанті досліду на 21–22 стадіях розвитку жита озимого становила 345 шт./м², а на 92–99 стадіях – лише 34 шт./м².

Внесення біологічних препаратів приводило до зменшення кількості бур'янів у посівах жита озимого. Таке зменшення відбувалося не завдяки гербіцидній дії цих препаратів, а через збільшення густоти стояння основної культури у посівах. Найменша кількість бур'янів у посівах жита озимого (15 шт./м²) була відмічена на варіанті, де вносили Регоплант

(2 рази по 50 мл/га); Рокогумін (3 рази по 5 л/га); Біо-гель (2 рази по 1,5 л/га) і була найбільша кількість продуктивних стебел (485 шт./м²), що збереглися до збирання культури.

Отже слід зауважити, що комплексне застосування стимулятора росту, органо-мінерального та органічного добрив через покращання густоти стояння жита озимого негативно вплинуло на ріст та розвиток бур'янів у його посівах.

Ураженість рослин жита озимого фітопатогенами в умовах досліджень була невисокою і не залежала від застосування як органо-мінеральних добрив, так і стимулятора росту. Так, розвиток борошнистої роси на посівах жита озимого становив 35–40%, за поширеності 60–65%, а септоріозу листків – 15–20 і 55–60% відповідно (табл. 6).

Посушливі умови 2019–2020 рр., а також висока стійкість рослин жита озимого до основних фітопатогенів сприяли незначному ураженню його посівів хворобами.

Фітопатогенний комплекс посівів жита озимого, в середньому за роки досліджень, включав збудників борошнистої роси (*Erysiphegraminis*) та септоріозу листків (*Septoriatritici*). Хвороби колоса були майже відсутні.

Сильні вранішні роси сприяли незначному розвитку борошнистої роси. Розвиток борошнистої роси не залежав від внесених біопрепаратів і на посівах жита озимого становив лише 5–10%, за поширеності 20–25%.

Ураженість рослин культури септоріозом листків була невисокою (5–10 %) за поширеності хвороби – 10–15% і також не залежала від застосованих біологічних препаратів у досліді.

Моніторинг заселення шкідниками посівів жита озимого у звітному році показав таке: на 100 помхів п'явиця (личинки) – 1 екз., клоп- черепашка – 0,8 екз.,

Таблиця 5. Забур'яненість посівів та біометричні показники рослин жита озимого, 2019–2020 рр.

№ вар.	Зміст варіанта	Кількість продуктивних стебел, шт./м ² (ВВСН 92–99)	Кількість бур'янів, шт./м ²	
			початок трубкування (ВВСН 21–22)	повна стиглість (ВВСН 92–99)
1	Контроль	461	345	34
2	Регоплант (2 рази по 50 мл/га)	478	342	20
3	Рокогумін (3 рази по 5 л/га)	471	342	25
4	Біо-гель (2 рази по 1,5 л/га)	475	340	20
5	Регоплант (2 рази по 50 мл/га); Рокогумін (3 рази по 5 л/га); Біо-гель (2 рази по 1,5 л/га)	485	335	15

Таблиця 6. Ураженість жита озимого основними хворобами, 2019-2020 р. (ВВСН 40–47)

№ вар.	Зміст варіанта	Борошниста роса		Септоріоз листків	
		розвиток,%	поширеність,%	розвиток,%	поширеність,%
1	Контроль	10	25	10	15
2	Регоплант (2 рази по 50 мл/га)	10	25	10	15
3	Рокогумін (3 рази по 5 л/га)	10	20	5	10
4	Біо-гель (2 рази по 1,5 л/га)	5	20	5	10
5	Регоплант (2 рази по 50 мл/га); Рокогумін (3 рази по 5 л/га); Біо-гель (2 рази по 1,5 л/га)	5	25	5	10

елія гостроголова – 1,5 екз., хлібні клопики – 2,7 екз., злакові попелиці – 20 екз., пшеничний трипс – 60–110 екз., пильщик хлібний чорний – 0,7 екз., пильщик хлібний звичайний – 1,2 екз. Як бачимо їхня чисельність була нижча ЕПШ і не становила загрози посівам.

При розрахунку економічної ефективності вирощування жита озимого було враховано приріст за органічне зерно, яка на час проведення досліджень становила 800 грн. Розрахунок економічної доцільності показав високу ефективність вирощування жита озимого у системі органічного землеробства (табл. 7). Високі економічні показники вирощування цієї культури завдяки невисоким витратам вкладених у його виробництво. Зокрема, кожний гектар посівів жита озимого на контрольному варіанті вимагає вкладення за цінами 2020 р. 5705 грн, а прибуток становить 14679 грн, за рівня рентабельності 257%. Внесення сертифікованих біологічних препаратів у рекомендованих виробниками дозах збільшувало затрати

на гектар посівів культури максимально до 8852 грн, зменшуючи рівень рентабельності до 150%.

Найвищий прибуток – 15446 грн/га та високу рентабельність 255% виробництва жита озимого в системі органічного землеробства було отримано за застосування в його посівах стимулятора росту, який потребує незначних доз внесення (Регоплант 2 рази по 50 мл/га).

Економічні показники технологій вирощування жита озимого, які потребують застосування дорогих агрохімікатів набагато гірші. Зокрема вирощування культури по ресурсощадній технології, яка передбачає внесення мінеральних добрив у дозі $N_{45}P_{45}K_{45}$ (азот по 20 і 25 кг/га відповідно на II і IV етапах органогенезу рослин) на фоні побічної продукції попередника, потребує досить таки вагомих затрат на одиницю площі посіву – 13978 грн/га. Така технологія забезпечила рентабельність виробництва жита озимого на рівні 23%, з прибутком у 3254 грн.

Таблиця 7. Економічна ефективність вирощування жита озимого у системі органічного землеробства та порівняння її з іншими технологіями 2019–2020 рр.

№ вар.	Зміст варіанта	Урожайність, т/га	Всього витрат, грн/га	Собівартість, грн/т	Прибуток, грн/га	Рентабельність,%
1	Контроль	3,64	5705	1567	14679	257
2	Регоплант (2 рази по 50 мл/га)	3,84	6058	1577	15446	255
3	Рокогумін (3 рази по 5 л/га)	3,79	8203	2164	13021	159
4	Біо-гель (2 рази по 1,5 л/га)	3,81	6309	1656	15027	238
5	Регоплант (2 рази по 50 мл/га); Рокогумін (3 рази по 5 л/га); Біо-гель (2 рази по 1,5 л/га)	3,95	8852	2241	13268	150
6	Ресурсощадна	3,59	13978	3893	3254	23
7	Інтенсивна	5,0	16992	3398	7008	41
8	Високоінтенсивна	5,46	21800	3993	4408	20

Інтенсивна технологія вирощування жита озимого, в якій передбачається внесення мінеральних добрив у дозі $N_{90}P_{90}K_{90}$ (азот у весняне підживлення по 20 і 50 і 20 кг/га відповідно на II, IV і VII етапах органогенезу рослин) була також економічно доцільною. Зокрема, рівень рентабельності за таких умов вирощування культури становив 41%, а прибуток – 7008 грн/га. Слід відмітити, що дотримання всіх технологічних процесів такої технології вимагає затрат за цінами 2020 р. на рівні 13978 грн/га.

Високоінтенсивна технологія виробництва жита озимого, яка передбачає внесення мінеральних добрив у дозі $N_{135}P_{135}K_{135}$ (азот в весняне підживлення по 30 і 75 і 30 кг/га відповідно на II, IV і VII етапах органогенезу рослин) з економічної точки зору була менш ефективною. Такий варіант технології вирощування культури через високу енергоємність (21800 грн/га) був найменш рентабельним 20% з прибутком 4408 грн/га.

Висновки

У середньому за 2019-2020 рр. найвища врожайність жита озимого 3,95 т/га була відмічена на варіанті, де застосовували сумісне внесення органіко-мінерального добрива Рокогумін (3 рази по 5 л/га відповідно на 27-28, 30-31, та 58-59 стадіях розвитку рослин) та органічного добрива Біо-гель (2 рази по 1,5 л/га відповідно на 27-28 та 30-31 стадіях) у поєднанні з регулятором росту Регоплант (2 рази – на 27-28 та 30-31 стадіях по 50 мл/га) на фоні

заробляння сидерального пару (30 т/га зеленої маси гороху). Таке поєднання застосування органічних добрив із стимулятором росту забезпечило приріст урожайності культури на 0,31 т/га.

Продуктивність жита озимого ва умовах досліджень формувалася в основному за рахунок густоти стояння рослин. Зокрема кількість продуктивних стебел, що зберіглася до збирання на кращому варіанті досліджу становила 485 шт./м². Така густота стояння жита озимого сильно вплинула на забур'яненість посівів. У процесі росту та розвитку ценозу основної культури ріст бур'янів пригнічувався, а деяких і призупинявся і їхня кількість до фази повної стиглості жита озимого зменшилася, у залежності від варіантів досліджу на 90–95%, до 15–25 шт./м².

Якість зерна жита озимого за системи органічного виробництва була низькою і не залежала від застосування біологічних препаратів.

Вирощування жита озимого в системі органічного землеробства економічно доцільне. Рентабельність застосування комбінації подібних біопрепаратів на посівах культури була високою і становила 150–257%.

Враховуючи рівень урожайності жита озимого, а також економічні показники його вирощування у системі органічного виробництва можна припустити, що майбутнє органічного виробництва жита озимого в Правобережному Лісостепу України є досить перспективним.

ЛІТЕРАТУРА

1. Авраменко С., Цехмейструк М., та ін. Новітні аспекти вирощування жита озимого. Агрономія сьогодні від 06.09.2011 р.
2. Гнатюк Т.О., Дідора В.Г. Вплив різних систем удобрення на продуктивність жита озимого у коротко ротацийній сівозміні. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2018. №8, т.28. С. 37–39.
3. Гриценко О.Ю. Урожайність жита озимого за органічного виробництва в Поліссі України. *Наукові горизонти*. 2020. №2 (87).
4. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта: Колос, 1979, 416 с.
5. ДСТУ 4522:2006 Жито. Технічні умови. Чинний від 01.01.2007. Київ: Держспоживстандарт України, 2007. 12 с.
6. ДСТУ 4362:2004. Якість ґрунту. Показники родючості ґрунтів. (Національний стандарт України) Київ: Держспоживстандарт України, 2006. 19 с.
7. Журавель С.В., Трембіцька О.І., Клименко Т.В. та ін. Сучасні технології вирощування жита озимого в короткоротаційній сівозміні зони Полісся. *Sciences of Europe*, 2023. 109 р.
8. Камінський В.Ф. та ін. Наукові основи ефективності використання виробничих ресурсів у різних моделях технологій вирощування зернових культур: моногр. Київ: Видавничий дім «Вінченко», 2017. 580 с.
9. Кравчук М.М. Забур'яненість посівів жита озимого за різних способів обробітку ґрунту в умовах переходу до органік. URL: <https://dspace.organicplatform.org/xmlui/handle/date/199/>.
10. Малієнко А.М., Юла В.М., Романюк П.В. Підготовка до сіви озимих культур. Вісник Центру наукового забезпечення АПВ Київської області. Київ: ВД «ЕКМО», 2011. С. 31–36.

11. Наукові основи агропромислового виробництва в зоні Лісостепу України /редкол.: М.В. Зубець (гол.) та ін. Київ: Логос, 2010. 980 с.
12. Рижук С.М., Мельничук А.О., Савчук О.І., Кочик Г.М., Приймачук Т.Ю. Ефективність вирощування жита озимого на осушуваних (грунтах Полісся в умовах змін клімату). *Вісник аграрної науки*. 2021. № 821. С. 73–78.
13. Романюк П.В. Догляд за озимими без помилок. *Агробізнес сьогодні*. 2019. №6. С.79–81.
14. Савчук О.І. та ін. Жито озиме в сівозміні за органічного способу вирощування. *Агропромислове виробництво Полісся. Землеробство*. 2015. С. 24–27.
15. Юла В.М. та ін. Адаптивні технології вирощування зернових колосових культур і кукурудзи: реком. Вінниця: ТОВ «Твори», 2020. 64 с.
16. Юла В.М., Романюк П.В., Єступова Т.В., Шляхтурова С.П., Щербаківа Ю.В. Продуктивність жита озимого за різних технологій вирощування у Правобережному Лісостепу. Зб матеріалів наукової Інтернет-конференції «Наукові читання до 85-річчя від дня народження В'ячеслава Григоровича Михайлова – видатного вченого у галузі селекції та насінництва сільськогосподарських культур». 5 жовтня 2021 р. Чабани. Вінниця: ТОВ «ТВОРИ». С.246–250.
17. Юла В.М., Кононюк Л.М. Визначення строків і способів сівби озимих культур. *Вісник Центру наукового забезпечення АПВ Київської області*. Київ: ВД «ЕКМО», 2011. С. 29–31.

REFERENCES

1. Avramenko S., Tsekhmeystruk M., et al. (2011). Newest aspects of winter rye cultivation. *Agronomy Today* [in Ukrainian].
2. Hnatiuk T.O., Didora G.V.(2018). Influence of different fertilizer systems on the productivity of winter rye in a short rotation crop rotation. *Scientific Bulletin of the National Technical University of Ukraine*, 8, 28, 37–39 [in Ukrainian].
3. Yield of winter rye under organic production in Polissya of Ukraine (2020). *Scientific Horizons*, 2 (87).
4. Dospikhov B.A. Methodology of field experience: *Kolos*, 1979, 416 p. [in Ukrainian].
5. DSTU 4522:2006 (2007). Rye. Technical specifications. Effective from 01.01.2007. Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy. 12 p. [in Ukrainian].
6. DSTU 4362:2004.(2006). Soil quality. Indicators of soil fertility (National Standard of Ukraine) Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy. 19c. [in Ukrainian].
7. Zhuravel S.V., Trembitska O.I., Klymenko T.V. et al.(2023). Modern technologies of winter rye cultivation in short rotation crop rotation of Polissya zone. *Sciences of Europe*. P. 109 [in Ukrainian].
8. Kaminskyi V.F. et al. (2017). Scientific bases of efficiency of production resources use in different models of grain crops cultivation technologies: monograph. K.: Vinichenko Publishing House. 580 p. [in Ukrainian].
9. Kravchuk M.M. Weediness of winter rye crops under different methods of soil cultivation in the conditions of transition to organic. URL:<https://dspace.organiik-platform.org/xmlui/handle/date/199/> [in Ukrainian].
10. Malienko A.M., Yula V.M., Romaniuk P.V. (2011). Preparation for sowing winter crops . *Bulletin of the Center for Scientific Support of the APV of Kyiv region*. Kyiv: ECMO Publishing House. [in Ukrainian].
11. Scientific basis of agro-industrial production in the Forest-Steppe zone of Ukraine (2010)/edited by M.V. Zubets (chairman) and others. K.: Logos. 980 p. [in Ukrainian].
12. Ryzhuk S.M., Melnychuk A.O., Savchuk O.I., Kochyk H.M., Pryimachuk T.Y. (2021). Efficiency of winter rye cultivation on drained soils of Polissya in the conditions of climate change. *Bulletin of Agrarian Science* [in Ukrainian].
13. Romaniuk P.V. (2019). Caring for winter crops without mistakes, 6 ,79–81 [in Ukrainian].
14. Savchuk O.I. et al. 2015. Winter rye in crop rotation under organic cultivation *Agricultural production of Polesie. Agriculture*, 24–27 [in Ukrainian].
15. Yula V.M. et al. (2020). Adaptive technologies for growing cereal spiked c r o p s and corn. Recommendations .Vinnitsia: Tvory LLC. 64 p. [in Ukrainian].
16. Yula V.M., Romaniuk P.V., Yehupova T.V., Shlyakhturova S.P., Shcherbakova Y.V. (2021). Productivity of winter rye under different cultivation technologies in the right-bank forest-steppe. Collection of materials of the scientific Internet conference «Scientific readings on the occasion of the 85th anniversary of Vyacheslav Mykhailov, an outstanding scientist in the field of crop breeding and seed production». October 5, 2021, Chabany. Vinnitsia: TVORY LLC. P. 246–250 [in Ukrainian].
17. Yula V.M., Kononiuk L.M. (2011). Determination of terms and methods of sowing winter crops. *Bulletin of the Center for Scientific Support of the APV of Kyiv region*. Kyiv: ECMO Publishing House [in Ukrainian].

P.V. Romanyuk, V.M. Yula, T.V. Egupova, S.P. Shlyakhturova, Y.V. Sherbakova

Cultivation of winter rye in the system of organic farming in the right-bank Forest-Steppe of Ukraine and its prospects

Aim. To study the organic winter rye cultivation system, which was based on the optimal combination of green manure, biological products and growth stimulants of organic origin, and to compare its productivity with traditional intensive technologies for the zone. **Methods.** Field (to determine the interaction of the object with natural and studied factors), weight (to determine the yield and its structure), morphophysiological (for biological control over the growth and development of productivity elements by stages of organogenesis), laboratory (chemical and physicochemical analysis of the main products), as well as the method of mathematical statistics using basic and special statistical indicators and criteria. **Results.** It was found that the highest yield of winter rye under the organic system of cultivation of 3.95 t/ha was noted in the variant where the combined application of organic-mineral fertilizer Rokogumin (3 times 5 l/ha, respectively, at 27-28, 30-31, and 58-59 stages of plant development) and organic fertilizer Bio-gel (2 times 1.5 l/ha, respectively, at 27-28 and 30-31 stages) in combination with the growth regulator Regoplant (2 times - at 27-28 and 30-31 stages, 50 ml/ha) against the background of green manure (30 t/ha of green mass of peas). This crop productivity was formed due to optimal crop cenosis parameters. In particular, the number of productive stems that survived until harvesting was 485 pcs/m², each of which contained 0.81 g of grain. Such a density of winter rye greatly affected the weediness of the crops. In the process of growth and development of the main crop cenosis, weed growth was suppressed, and some of them were suspended, and their number in the phase of full ripeness of winter rye decreased, depending on the experimental variants by 90-95%, to 15-25 pcs/m². This organic technology of winter rye cultivation was better than the resource-saving technology, which yielded 3.59 t/ha under the research conditions, despite the fact that it used all the necessary expensive agrochemicals. The lower productivity of winter rye under organic farming compared to intensive and high-intensity technologies is predictable. The yield level of 5.0 t/ha provided by intensive and 5.46 t/ha by high-intensity technologies is very high for organic farming. **Conclusions.** This combination of organic fertilizers with a growth stimulator in an organic farming system provided an increase in the yield of winter rye compared to the control by 0.31 t/ha and provided 13268 UAH/ha of net profit at 150% profitability. There is a tendency of high resistance of winter triticale to the negative impact of pests and diseases, an increase in the degree of competitiveness of plants in the fight against weeds due to an increase in the density of cenosis. The results of the research give the right to state that the yield of winter rye, which can be obtained under organic farming system, can compete with mineral technologies with a dose of fertilizers not exceeding N₄₅ P₄₅ K₄₅. Thus, taking into account the level of winter rye yields and economic indicators of its cultivation in the organic production system, it can be assumed that the future of organic winter rye production in the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine is quite promising.

Key words: biological product, organic fertilizer, green manure, growth stimulator, resource-saving, intensive, high-intensity technology, by-products.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Романюк П.В., кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, провідний науковий співробітник відділу технологій зернових колосових культур, тел. 0975233374, e-mail super-rom_peter@ukr.net, ORCID: 0000-0001-5247-9613.

Юла В.М., кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, завідувач відділу технологій зернових колосових культур, тел. 0977757588, e-mail tehointensiv@gmail.com, ORCID: 0000-0001-7298-9522.

Егупова Т.В., кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, старший науковий

співробітник, відділ координації наукових досліджень стандартизації і метрології, ННЦ «Інститут землеробства НААН», тел. 0963182545, e-mail: t.pershukova@gmail.com, ORCID: 0000-0003-4096-9222.

Шляхтурова С.П., науковий співробітник, відділ технологій зернових колосових культур, тел. 0675982868, e-mail :shlyakhturova@gmail.com, ORCID: 0000-0003-1308-2829.

Щербакова Ю.В., науковий співробітник відділу технологій зернобобових та круп'яних культур, тел. 0986328984, e-mail: filin-ironichniy@ukr.net, ORCID: 0000-0003-4887-0112.

Romanyuk P.V., Candidate of Agricultural Sciences, Senior Research Scientist, Leading Research Scientist at the Department of Cereal Spiked Crops Technology, ph.0975233374, e-mail super-rom_peter@ukr.net, ORCID: 0000-0001-5247-9613.

Yula V.M., PhD in Agricultural Sciences, Senior Researcher, Head of the Department of Cereal Spiked Crops Technologies, ph. 0977757588, e-mail: tehnointensiv@gmail.com, ORCID: 0000-0001-7298-9522.

Yehupova T.V., Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Senior Researcher, the Department of

Coordination of Scientific Research on Standardization and Metrology, the National Research Center «Institute of Agriculture of NAAS», ph.0963182545, e-mail: t.pershukova@gmail.com, ORCID 0000-0003-4096-9222.

Shlakhturova S.P., Researcher, the Department of Cereal Spiked Crops Technology, ph. 0675982868, e-mail: shlyakhturova@gmail.com, ORCID: 0000-0003-1308-2829.

Sherbakova Yu.V., Researcher at the Department of Legumes and Cereals Technologies, ph. 0986328984, e-mail: filin-ironichniy@ukr.net, ORCID: 0000-0003-4887-0112.

Надійшла 23.09.2023

ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОЩУВАННЯ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ ЗА МІНЕРАЛЬНОГО УДОБРЕННЯ НА СХИЛОВИХ ЗЕМЛЯХ

В.М. Повидало, О.М. Терещенко

ННЦ «Інститут землеробства НААН» (сmt Чабани, Україна)

Мета. Визначити ефективність технології вирощування пшениці озимої за мінерального удобрення у схилових агроландшафтах для виробництва якісної продукції. **Методи.** Польовий – для спостереження за ростом і розвитком рослин, формуванням врожайності й оцінки елементів технології вирощування; вимірювальний і вимірювально-ваговий – для визначення врожайності культур; лабораторний – для визначення якісних характеристик агрохімічних і фізико-хімічних властивостей; статистичний – для встановлення достовірності отриманих результатів досліджень; розрахунково-порівняльний – для оцінки економічної ефективності основних елементів технології вирощування. **Результати.** У статті наведено результати наукових досліджень, які були проведені у стаціонарному польовому досліді на типовому чорноземі сильно змитому. Досліджували вплив обробітку ґрунту та живлення рослин пшениці озимої на формування врожаю та якість зерна. Установлено, що врожайність зерна пшениці озимої змінюється під впливом фону живлення, погодно-кліматичних умов року вирощування, зокрема забезпеченості рослин вологою впродовж вегетації. Установлено, що на фоні проведення чизельного обробітку ґрунту на 30 см та внесення мінеральних добрив в дозі $N_{90}P_{90}K_{120}$ забезпечило отримання найвищого врожаю пшениці озимої 5,12 т/га, що перевищувало варіант без добрив на 14% відповідно. Доведено позитивний ефект від внесення мінеральних добрив на показники якості зерна, підвищуючи вміст білка та знижує вміст клейковини. **Висновки.** Використання запропонованої технології вирощування пшениці озимої є ефективним і актуальним для схилових агроландшафтів в умовах недостатнього зволоження. Встановлено, що на схилових агроландшафтах кращим агрозаходом є проведення чизельного обробітку ґрунту та внесенням мінеральних добрив, що забезпечує оптимальні умови для формування високого рівня врожайності зерна 4,66–5,12 т/га, підвищення якості білка до 14,0%, за низької собівартість врожаю – 3296 грн і рівня рентабельності – 43%.

Ключові слова: чизельний обробіток, мінеральні добрива, пшениця озима, врожайність, якість зерна.

Вступ. В умовах недостатнього зволоження на-самперед значення в агропромисловому комплексі набуває вдосконалення основних елементів технології вирощування сільськогосподарських культур, особливо пшениці озимої [1].

Серед сільськогосподарських культур пшениця озима, займає більш як половину посівних площ зернових культур та провідне місце за валовим збором зерна.

Останнім часом Україна ввійшла до десятки основних країн виробників і стала одним із провідних світових експортерів пшениці. За даними Мінагрополітики України під урожай 2022 р. на зерно посіяно озимих культур на площі 7,7 млн га (в тому числі пшениці озимої – 6,5), що на 0,4 млн га більше порівняно з показником 2021 р. [2].

За даними ФАО в Україні у 2023 р. прогнозується зменшення посівів пшениці на 40%, оскільки війна продовжує обмежувати доступ до полів та викликає серйозний дефіцит ресурсів [3].

Тому, використання схилових агроландшафтів для вирощування пшениці озимої дає можливість досягти підвищення зернової продуктивності та суттєво знизити її собівартість

Мета досліджень. Визначити ефективність технології вирощування пшениці озимої за мінерального удобрення у схилових агроландшафтах для виробництва якісної продукції.

Матеріали та методи досліджень. Дослідження проводили в 2021-2022 рр. на сильнозмитому типовому чорноземі схилового агроландшафту

з кутом нахилу 5-6°. Територія землекористування, на якій знаходиться стаціонарний дослід, є типовою для Правобережного Лісостепу України й знаходиться в межах Ржищівської яружно-балкової системи, яка характеризується хвилястим рельєфом та інтенсивним проявом ерозійних процесів.

У районі досліджень домінує зливова ерозія над ерозією від талих вод. Спостерігаються літні опади високої інтенсивності (до 4 мм за хв), які нерідко випадають понад 50 мм, відбувається змив поверхневого шару ґрунту. Поряд із дуже розчленованим рельєфом та глибоким (до 60 м) базисом ерозії, зливи є основним фактором інтенсивного розвитку ерозійних процесів.

Погодні умови у 2021 р. характеризувалися теплою і вологою погодою. При цьому середньобогаторічна температура була вищою на 1,2 °С. Атмосферні опади випадали нерівномірно, спостерігали часті опади у вигляді злив, за період квітень-серпень випало на – 126 мм більше опадів за середньобогаторічної їх норми – 317 мм. Найбільша кількість опадів випала у травні перевищуючи середньобогаторічну норму на 76 мм (за норми 51 мм), у червні – на 55 мм (69 мм), та у липні – на 20 мм (91 мм), тобто опадів було достатньо, що створювало умови для розвитку водної ерозії. Період квітень – травень характеризувався ГТК 2, червень – липень – 1,65, серпень – 1,4; у середньому за період квітень – серпень – 1,7.

Агрометеорологічні умови у 2022 р. загалом були задовільними для розвитку сільськогосподарських культур, однак внаслідок відсутності ефективних опадів відбулося подальше зниження запасів продуктивної вологи ґрунту в шарі 0–20 см менше 10 мм. За період квітень–серпень випало 257 мм, або на 60 мм менше норми. У травні випало на 21% менше норми, у червні – 19 та у липні на 70% менше, тобто нерівномірний розподіл опадів та підвищена температура повітря на 2-3 °С негативно вплинули на врожайність пшениці озимої.

Дослідження ефективності технології вирощування пшениці озимої за мінерального удобрення проводили у стаціонарному досліді на чорноземі типовому слабкогумусованому сильнозмитому, що характеризується дуже низькою забезпеченістю легкогідролізного азоту – 50 мг/кг ґрунту, підвищеним вмістом рухомих сполук фосфору – 128 та калію – 87 мг/кг ґрунту. Вміст гумусу (за Тюрнімом) в шарі ґрунту 0 – 30 см – 1,42%, рН_(сол.) – 5,6.

Технологія вирощування пшениці озимої базується на проведенні оранки (ПЛН 5-35) на 20–22 см і чизельного обробітку (АГЧ-1,8) на 30 см та за внесення мінеральних добрив: (без добрив, N₆₀P₉₀K₉₀, N₉₀P₉₀K₁₂₀);. Вирощували пшеницю озиму – сорт Краєвид, оригінатор ННЦ «ІЗ НААН» норма висіву 4,5–5,0 млн схожих насінин на гектар.

Статистичний аналіз отриманих даних виконували з використанням комп'ютерних програм Microsoft Excel та Statistica 8.0.

Результати та їх обговорення. Схилові агроландшафти характеризуються дефіцитом природного зволоження, високим температурним режимом та посушливістю, що характеризується нестійкою, за роками вирощування, врожайністю пшениці озимої.

Характерною особливістю ґрунтової засухи на схилових землях є недостатня кількість запасів продуктивної вологи в кореневмісному шарі, пересихання верхнього горизонту ґрунту впродовж вегетації, негативне значення якого підсилюється високими температурами і суховіями.

Водний режим ерозійно небезпечних агроландшафтів належить до важкокерованого чинника, що впливає на продуктивність культури та забезпечення протиерозійної стійкості схилових земель.

В умовах недостатнього зволоження лімітувальним чинником одержання високих і сталих урожаїв пшениці озимої є волога. Накопичення запасів продуктивної вологи в посівному шарі ґрунту 8–10 мм, а в орному 20–30 мм відбувається, переважно, в осінньо-зимовий період, тому досить важливу роль у цьому процесі відіграє основний обробіток ґрунту [1].

За період проведених досліджень запаси продуктивної вологи, впродовж вегетаційного періоду, були різними залежно від системи обробітку ґрунту та культур. Спостереження за вологістю ґрунту проводили на глибину до 1 м у періоди основних фаз розвитку культури. Запаси вологи у ґрунті формуються в результаті взаємодії між погодою, ґрунтом і рослиною. Так, за нашими даними найвища вологість ґрунту була у 2021 р. на початку вегетаційного періоду незалежно від обробітку і становила 79–83 мм у 1-метровому шарі ґрунту (табл. 1).

Проведеними дослідженнями у 2022 р. з визначення впливу систем обробітку ґрунту у польовому досліді встановлено, що на посівах пшениці озимої на час відновлення вегетації культури найбільші вологозабезпечення в шарі ґрунту 0–100 см становили у весняний період 100–108 мм, за інтенсивного

Таблиця 1. Вологість ґрунту в посівах пшениці озимої, в шарі 0–100 см, за 2021–2022 рр., мм

Обробіток ґрунту	Удобрення	Початок відновлення вегетації	Колосіння	Повна стиглість, збирання
Оранка на 20–22 см	контроль	$\frac{78}{62}$	$\frac{38}{3}$	$\frac{18}{28}$
	$N_{90}P_{90}K_{120}$	$\frac{83}{70}$	$\frac{43}{5}$	$\frac{19}{30}$
Чизельний обробіток (АГЧ-1,8) на 30 см	контроль	$\frac{79}{100}$	$\frac{34}{5}$	$\frac{18}{15}$
	$N_{90}P_{90}K_{120}$	$\frac{79}{108}$	$\frac{49}{7}$	$\frac{19}{16}$

*Чисельник 2021 р., знаменник 2022 р.

розвитку культури та низькою кількістю опадів, підвищеною температурою вміст ґрунтової вологи різко знижувався до 5–7 мм.

Протиерозійна ефективність означених способів обробітку – різна і залежить у більшості випадків від глибини обробітку, при цьому уміст продуктивної вологи за оранки був нижчим на 15–18%, порівняно із чизельним обробітком.

За чизельного обробітку ґрунту зберігається більша кількість продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту, що позитивно вплинуло на оптимальний розвиток культур, порівняно з оранкою.

Після збору врожаю зерна, поле залишається мало захищеним від високої сонячної температури, що спричиняє прогрівання ґрунту та зниження вологості до 4–5 мм у шарі 0–20 см, тобто настає сухий період. Тому вслід за зернозбиральною технікою проводять

луцення стерні або поверхневе дискування. У такому випадку зберігається так званий «тіньовий» ефект від рослин сільськогосподарських культур, коли прямі промені сонця не потрапляють на ущільнений ґрунт, при цьому не відбувається процес «спікання» поверхневого шару з нижніми, що виключає утворення брил та краще розпушується поверхневий шар ґрунту.

У середньому за роки проведення польових досліджень, встановлено, що за чизельного обробітку забезпечувався вищий урожай зерна пшениці озимої на 0,39 т/га, порівняно із оранкою. Використання мінеральних добрив у дозах $N_{60}P_{90}K_{90}$ та $N_{90}P_{90}K_{120}$ забезпечило подальше зростання зернової продуктивності за всіх досліджуваних способів основного обробітку ґрунту (табл. 2).

Таблиця 2. Врожайність пшениці озимої та маса коренів залежно від основного обробітку ґрунту та системи мінерального удобрення, т/га

Обробіток ґрунту	Варіант	2021 р.	2022 р.	Середнє за роки	Приріст до контролю		Маса коренів
					т/га	%	
Оранка на глибину 20–22 см	контроль	4,41	3,78	4,09	–	–	4,25
	$N_{60}P_{90}K_{90}$	5,27	4,20	4,73	0,64	16	4,92
	$N_{90}P_{90}K_{120}$	6,00	4,39	5,19	1,10	27	5,40
$НП_{05}$		0,75	0,84	0,79	–	–	
Безполицевий чизельний обробіток на глибину 30 см	контроль	4,93	4,03	4,48	–	–	4,66
	$N_{60}P_{90}K_{90}$	5,15	4,17	4,66	0,18	4	4,85
	$N_{90}P_{90}K_{120}$	5,55	4,69	5,12	0,64	14	5,32
$НП_{05}$		0,71	0,94	0,82	–	–	

Отримані результати щодо впливу систем обробітку ґрунту на продуктивність пшениці озимої свідчать про те, що ефективним є чизельний обробіток (АГЧ-1,8) на глибину 30 см, що перевищувало врожайність культури за оранки на 9% відповідно (але це лише на варіанті без добрив). Мінеральна система удобрення забезпечила отримання високої врожайності зерна 5,12 т/га, що перевищувало варіант без внесення добрив на 14%, проте затрати зростали на 158% відповідно.

За нашими даними, під посівами пшениці озимої у середньому за 2021–2022 рр. нагромаджувалося від 4,25 до 5,40 т/га сухої кореневої маси, що підвищує родючість та протиерозійну стійкість ґрунту.

Низький рівень продуктивності у 2022 р. пояснюється тим, що впродовж весняно-літнього періоду рослини пшениці вегетували в умовах гідротермічного стресу. Внаслідок недостатньої кількості опадів (60% від норми), високої температури повітря (2 °С від норми) та низького вмісту продуктивної вологи в ґрунті у критичний період росту та розвитку пшениці озимої (від виходу в трубку до колосіння) відбулася редукція кількості зерен в колосі та сформувалися недорозвинуті колоски з щуплим, невиповненим зерном.

За вирощування пшениці озимої важливе значення має якість зерна, яке йде на переробку і використовується для харчування населення та корм тваринам. Установлено, що за вирощування пшениці озимої формувалося зерно зі вмістом білка 13,1–14,4%, клейковини – 22,9–25,7% (табл. 3), що відповідало високому класу якості зерна пшениці озимої призначеного для використання на продовольчі та непродовольчі потреби відповідно до ДСТУ – 3768 – 2019 [4].

У середньому за роки проведених досліджень, за мінеральної системи удобрення, спостерігали тенденцію підвищення вмісту білка, жиру, клейковини

в зерні, порівняно з варіантом без застосування добрив.

Уміст білка в межах 11–15% вважається нормою, вихід за ці межі негативно позначається на якості хліба. Білок тісно пов'язаний із клейковиною, якщо вміст першого підвищується на 50%, то концентрація клейковини збільшується на 75%.

Встановлено позитивний вплив внесення мінеральних добрив, масова частка білка пшениці озимої зростає і становить в 14,0–14,4% на суху речовину, що відповідає першому класу зерна.

Під час вирощування пшениці озимої до основних витрат виробничого процесу належать витрати на обробіток ґрунту, удобрення, насіння та догляд за посівами.

На обробіток ґрунту припадає 75–80% енерговитрат, передбачених технологією вирощування культури. Під час проведення чизелювання економія пального значно нижча, ніж за оранки, а поглиблення оранки на 1 см призводить до збільшення витрати палива до 1 л/га [6].

Розрахунок економічної ефективності вирощування пшениці озимої проводили у 2022 р. за закупівельними цінами вартість пшениці озимої 8000 грн/т, пальне 50 грн/л. Вартість мінеральних добрив аміачна селітра (N–34,4%) – 26,5 тис грн/т, амофос (NP – 12:52) – 35,7 тис. грн/т, калій хлористий (K–60%) – 40 тис. грн/т.

Основні витрати на вирощування культур розподіляються так: добрива 51%, паливно-мастильні матеріали – 14, обробіток ґрунту 10, насіння – 9, засоби захисту рослин – 7% відповідно. Порівняльний аналіз економічних показників вирощування пшениці озимої показує, що найбільші витрати (34413 грн/га) спостерігаються за оранки із внесенням повного мінерального удобрення $N_{90}P_{90}K_{120}$, рівень рентабельності становив 2%, на варіанті без добрив рентабельність – 127%

Таблиця 3. Хімічний склад зерна пшениці озимої залежно від основного обробітку ґрунту та системи мінерального удобрення, середнє за 2021–2022 рр., % на абс. сухої маси

Обробіток ґрунту	Удобрення	сирий протеїн	сирий білок	сирий жир	клейковина	сира зола	БЕР	Крохмаль
Оранка на глибину 20–22 см	контроль	14,2	13,2	2,14	22,9	1,44	59,3	64,9
	$N_{60}P_{90}K_{90}$	14,2	13,1	2,19	23,8	1,38	58,5	65,0
	$N_{90}P_{90}K_{120}$	15,3	14,4	2,24	23,4	1,50	57,5	64,2
Безполіцевий чизельний обробіток на глибину 30 см	контроль	15,1	14,0	2,25	25,7	1,56	55,4	64,4
	$N_{60}P_{90}K_{90}$	14,5	13,2	2,19	23,9	1,46	57,9	64,6
	$N_{90}P_{90}K_{120}$	15,1	14,0	2,22	23,7	1,45	57,5	64,4

відповідно. За проведення чизельного обробітку, на варіанті без добрив, рентабельність становила 143%, а за внесення повного удобрення – 9%.

Висновки

За результатами проведених наукових досліджень щодо ефективності вирощування пшениці озимої на схилі агроландшафтах доведено позитивний вплив чизельного обробітку ґрунту на 30 см, що забезпечує збереження продуктивної вологи в метровому шарі та ефективно вплинуло на оптимальний розвиток культур навіть у посушливі періоди.

Встановлено, що застосування чизельного обробітку ґрунту та внесення мінеральних добрив забезпечило отримання врожаю пшениці озимої 4,66–5,12 т/га за високої якості зерна зі вмістом білка 13,1–14,4%.

Економічний аналіз вирощування пшениці озимої свідчить, що комплексне застосування в технології вирощування пшениці озимої ґрунтозахисного обробітку ґрунту та системи удобрення дає можливість отримано на 16% вищу рентабельність вирощеної продукції, порівняно з оранкою. Внесення мінеральних добрив сприяло зростанню врожаю зерна на 12–16% та підвищувало затрати у 2,5 рази відповідно.

ЛІТЕРАТУРА

1. Пабат, С. Артеменко. Ґрунтозахисний обробіток під озиму пшеницю на схилах. Журнал «Пропозиція» – Головний журнал з питань агробізнесу. 2018. №9. URL: <https://propozitsiya.com/ua/gruntozahysnyy-obrobitok-pid-ozymu-pshenyayu-na-shylah>.
2. URL: <https://agropolit.com/news/23253-v-ukrayini-ploscha-ozimih-zernovih-stanovit-77-mln-gaminagropolitiki>.
3. URL: <https://agroportal.ua/ru/news/rasteniiovodstvo/fao-prognozuye-skorochennya-posiviv-ozimoji-pshenici-v-ukrajini-na-40>.
4. Пшениця. Технічні умови: ДСТУ – 3768 – 2019. [Чинний від 2019.06.10]. Київ: ДП «Укр НДНЦ», 2019. 15 с.
5. V. Kaminskyi, L. Kolomiets, V. Bulgakov and J. Olt, An investigation into the state of agricultural lands under water erosion conditions. *Agronomy Research*. 2021. 19 (2). P. 458–471. Doi: <https://doi.org/10.15159/AR.21.029>.
6. Демиденко О.В. Агроенергетична ефективність ґрунтозахисного землеробства. Відтворення родючості ґрунтів у ґрунтозахисному землеробстві: моногр. / за ред. М.К. Шиккули. Київ: Оранта, 1998. С. 624–633.

REFERENCES

1. Pabat, S. Artemenko (2018). Soil protection tillage for winter wheat on slopes. «Proposition» magazine – the main agribusiness magazine, 9. URL: <https://propozitsiya.com/ua/gruntozahysnyy-obrobitok-pid-ozymu-pshenyayu-na-shylah> [in Ukrainian].
2. URL: <https://agropolit.com/news/23253-v-ukrayini-ploscha-ozimih-zernovih-stanovit-77-mln-gaminagropolitiki> [in Ukrainian].
3. URL: <https://agroportal.ua/ru/news/rasteniiovodstvo/fao-prognozuye-skorochennya-posiviv-ozimoji-pshenici-v-ukrajini-na-40> [in Ukrainian].
4. Wheat. (2019). Technical conditions: DSTU – 3768 – 2019. [Effective from 2019.06.10]. K.: SE «Ukr NDNC». 15 p. [in Ukrainian].
5. V. Kaminskyi, L. Kolomiets, V. Bulgakov and J. Olt. (2021). An investigation into the state of agricultural lands under water erosion conditions. *Agronomy Research*, 19 (2), 458–471. Doi: <https://doi.org/10.15159/AR.21.029> [in English].
6. Demydenko O.V. (1998). Agroenergetic efficiency of soil conservation agriculture. Reproduction of soil fertility in soil conservation agriculture: monograph / edited by M.K. Shikula K.: Oranta. P. 624–633 [in Ukrainian].

Povydalo V.M., Tereshchenko O.M.

Technology of winter wheat growing with mineral fertilizer on sloped agrolandscapes

Aim. To determine the efficiency of the technology of growing winter wheat with mineral fertilizer in sloping agro-landscapes for the production of quality products. **Methods.** Field – for monitoring the growth and development of plants, yield formation and evaluation of elements of cultivation technology; measuring and measuring-weighing – to determine the yield of crops; laboratory – to determine the qualitative characteristics of agrochemical and physicochemical properties; statistical – to establish the reliability of the obtained research

results; calculation-comparative – to assess the economic efficiency of the main elements of cultivation technology. **Results.** The article presents the results of scientific studies that were conducted in a stationary field experiment on a typical heavily washed chernozem. The influence of tillage and nutrition of winter wheat plants on crop formation and grain quality was investigated. It was established that the grain yield of winter wheat changes under the influence of the nutrition background, weather and climate conditions of the growing year; in particular, the supply of moisture to plants during the growing season. It was established that against the background of chisel tillage of 30 cm and application of mineral fertilizers in a dose of $N_{90}P_{90}K_{120}$, the highest yield of winter wheat was obtained at 5,12 t/ha, which exceeded the option without fertilizers by 14%, respectively. The positive effect of applying mineral fertilizers on grain quality indicators has been proven, increasing the protein content and reducing the gluten content. **Conclusions.** The use of the proposed technology for growing winter wheat is effective and relevant for sloping agricultural landscapes in conditions of insufficient moisture. It has been established that the best agromeasure on sloping agricultural landscapes is chisel tillage and the application of mineral fertilizers, which provides optimal conditions for the formation of a high level of grain yield of 4,66-5,12 t/ha, an increase in the quality of protein up to 14,0%, at a low cost of harvest – 3296 hryvnias and profitability level – 43%.

Key words: chisel cultivation, mineral fertilizers, winter wheat, productivity, grain quality.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Повидало В.М., кандидат сільськогосподарських наук, ННЦ «ІЗ НААН», e-mail:

Терещенко О.М., науковий співробітник, ННЦ «ІЗ НААН», e-mail:

Povydalo V.M., candidate of Agricultural Sciences, the NSC «IA NAAS», e-mail:

Tereshchenko O.M., researcher, the NSC «IA NAAS», e-mail:

Надійшла 23.09.2023

ЗАХОДИ КОНТРОЛЮ ШКІДЛИВИХ ОРГАНІЗМІВ У ПОСІВАХ СОЇ В ЗОНІ ЛІСОСТЕПУ

С.В. Поліщук

ННЦ «ІЗ НААН» (сmt Чабани, Україна)

Мета. Уточнити структуру фітопатогенного комплексу сої, видовий склад збудників хвороб сої, а також дослідити вплив агротехнічних, імунологічних та біологічних заходів захисту на розвиток найбільш поширених хвороб у посівах сої. **Методи.** Польові, лабораторні, фітопатологічні та аналітичні. **Польові дослідження** проводили в умовах моніторингових обстежень. **Результати.** В статті подані результати багаторічних досліджень фітосанітарного стану посівів сої, видовий склад збудників хвороб та заходи контролю шкідливих організмів в зоні Лісостепу. **Висновки.** За результати досліджень фітосанітарний моніторинг посівів сої в зоні Лісостепу України представлений збудниками: сім'ядольного бактеріозу, кутастою бактеріальною плямистістю листків, пустульним бактеріозом, диким опіком або рябухою, бактеріальною смугастістю стебла, септоріозом, аскохітозом; пероноспорозом. Виявлено позитивний вплив попередників на зменшення прояву найбільш поширених хвороб сої. За результатами досліджень кращими попередниками для сої є озимі й ярі зернові культури. Вирощування сої в монокультурі збільшувало рівень поширення хвороб (септоріозу, аскохітозу, пероноспорозу та кутастої бактеріальної плямистості листків), тоді як за попередника пшениця озима і пшениця яра ці показники були нижчі у 1,5 раза. Задовільний фітосанітарний стан посівів сої забезпечують оптимальні строки сівби сої висококондиційним насінням (2 декада травня). За результатами імунологічної оцінки стійкості створено генофонд стійких до кутастої бактеріальної плямистості листків (*Pseudomonas savastanoi* pv. *glycinea*) сортів сої: Вишиванка, Переяславка, Ясочка, Муза та ін. Ці сорти підтвердили свою стійкість до збудника *Pseudomonas savastanoi* pv. *glycinea* і за штучного зараження рослин, тому їх рекомендовано як джерела (донори) стійкості придатні для використання в селекційному процесі під час створення нових стійких сортів.

Ключові слова: хвороби сої, фітосанітарний стан, фітопатогенний комплекс, збудники, розвиток хвороби, агротехнічні заходи, стійкі сорти, біологічні препарати, стійкість.

Вступ. Інтерес до сої зумовлений високим вмістом білка, жиру, вуглеводів та цінних вітамінів А, В, С, D і Е.

Соя також відіграє досить важливу роль у поповненні ресурсів ґрунтового азоту за рахунок фіксації його бульбочковими бактеріями (150–180 кг/га) і тому є кращим попередником у сівозміні.

Одним із чинників, які знижують продуктивність сої є численні хвороби. В традиційних районах вирощування цієї культури вони описані і вживаються заходи щодо зниженню їхньої шкідливості.

Фітосанітарний стан у посівах сої останнім часом значно погіршився. Зростання посівних площ сої в Україні призводить до значного поширення шкідливих об'єктів та змін видового складу їх збудників залежно від місця та умов вирощування. Крім того, несприятливі погодні умови в період вегетації та

недотримання технології вирощування культури призводять до масового розповсюдження хвороб [1; 2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У зв'язку із збільшенням посівних площ сої і поширенням її в зону Лісостепу, де більш вологий клімат і кращі умови існування специфічної патогенної мікрофлори, зростає загроза епіфітотійного розвитку хвороб, збудники яких з року в рік уражують рослини та призводять до значних втрат урожаю.

В умовах зміни клімату зростає значення агротехнічних заходів, які дають змогу попередити розвиток хвороб та поширення шкідників або стримати їх розвиток на економічно невідчутному рівні.

Агротехнічні заходи захисту є важливою складовою технології вирощування сільськогосподарських культур. Більшість агротехнічних заходів, місце вирощування, сівозміна, обробіток ґрунту, терміни

посіву, норми висіву – це все, фактично, безкоштовний спосіб мінімізувати згубний вплив, який здійснюють хвороби культур [3].

Обмеження розповсюженості збудників хвороб та їх шкодочинності має бути досягнуто передусім за рахунок використання захисної дії агротехнічного, імунологічного і біологічного методів. Системи фітосанітарного контролю від шкідливих організмів базуватимуться на використанні агротехнічних (сівозміна та попередники, способи обробітку ґрунту, системи удобрення, строки сівби); імунологічних (сучасні сорти з високою польовою стійкістю до шкідників і хвороб) та біологічних (використання біологічних препаратів, які мають фунгіцидну дію та підвищують стійкість рослин до хвороб) [4–8].

Умови та методика проведення досліджень. Дослідження проводили в зоні Північного Лісостепу впродовж 2008–2022 рр. в селекційних посівах відділу селекції і первинного насінництва зернобобових культур, дослідів відділу захисту рослин від шкідників і хвороб, стаціонарних дослідів ННЦ «ІЗ НААН» та в зоні Лівобережного Лісостепу впродовж 2008–2014 рр. у стаціонарному досліді відділу сівозмін і землеробства на меліорованих землях Панфільської дослідної станції ННЦ «ІЗ НААН».

Моніторинг фітосанітарного стану посівів, лабораторні дослідження збудників хвороб та їх

ідентифікацію, проведення польових і лабораторних дослідів із вивчення впливу агротехнічних, імунологічних та біологічних заходів захисту на рівень ураження рослин сої хворобами проводили згідно з загальноприйнятими методиками [9–11].

Результати та їх обговорення. За результатами моніторингу найбільш розповсюдженими та шкодочинними хворобами на сої в зоні Північного Лісостепу України відмічено збудники: сім'ядольного бактеріозу (*Pseudomonas*, *Xanthomonas*, *Erwinia*), кутастої бактеріальної плямистості листків (*Pseudomonas savastanoi* pv. *glycinea*), пустульного бактеріозу (*Xanthomonas axonopodis* pv. *glycinea*), дикого опіку або рябухи (*Pseudomonas syringae* pv. *tabaci*), бактеріальної смугастості стебла (*Panthoea agglomerans*), септоріозу (*Septoria glycinea* T. hemmi), аскохітозу (*Ascochyta sojicola* Abramow (ASCOSO); пероноспорозу *Peronospora manshurica* (Naum) Syd. (PEROMA) (рис.1). Ураженість рослин хворобами становила в межах від 6,3 до 47,9% (поширення) і залежала від типу захворювань і особливостей їх збудників, сортової специфіки, фази розвитку рослини і погодних умов.

Погодні умови – один з найважливіших чинників для розвитку хвороб. Рослини реагують на зміну погодних умов не лише від особливостей їх фізіології, але і від властивостей збудника хвороби. Збудники

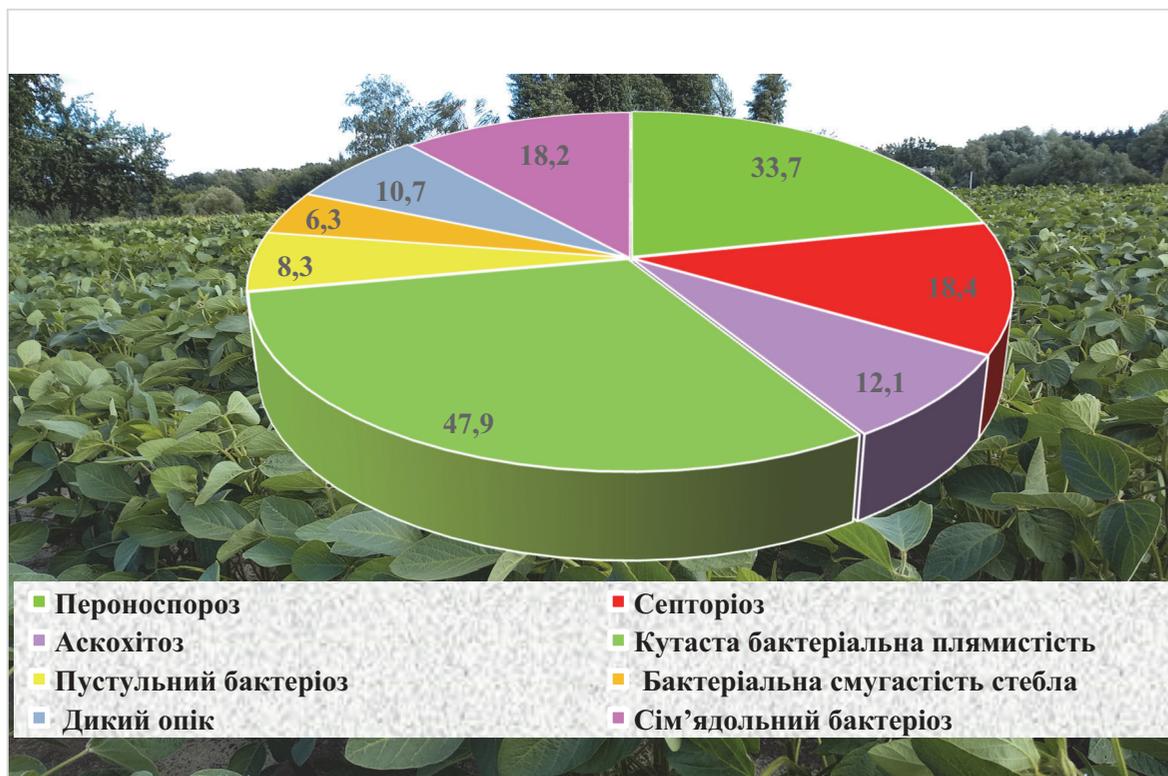


Рис. 1. Фітосанітарний стан посівів сої, % (ННЦ «ІЗ НААН», 2008–2022 рр.)

бактеріальних хвороб здатні пристосовуватись до різних погодних умов, у результаті чого симптоми хвороби можуть бути різними.

У системі захисту боротьби з хворобами важливо установити мінливість збудників залежно від факторів навколишнього середовища, що складаються в період вегетації рослин.

Система захисту сої від хвороб вимагає особливої уваги до агротехнічних заходів, які можуть запобігти поширенню інфекцій та обмежити розмноження шкідливих організмів, включаючи хвороби.

Проблема захисту рослин залишається актуальною через обмеження використання пестицидів, і вона вимагає належного вдосконалення. Зменшення чисельності фітофагів та збудників хвороб повинно відбуватися завдяки більш повному використанню природних регуляторів. Заборона хімічних засобів у системах захисту у вирощуванні сої в органічних умовах може бути компенсована за допомогою інших складових інтегрованого захисту, таких як організаційно-господарські заходи, агротехнічні методи, імунологічний підхід та використання біологічних методів. Важливим є також впровадження новітніх наукових розробок та їх подальше вдосконалення.

Технологія вирощування сої

Місце в сівозміні. Основою будь-якої сучасної системи землеробства є сівозміна, в якій найповніше реалізуються можливості сучасних технологій вирощування сільськогосподарських культур.

Сою, як і всі зернобобові є цінною культурою в сівозміні. Повертати сою на попереднє місце рекомендовано не раніше, ніж через два-три роки. В якості попередника для сої придатні зернові, кукурудза, буряки цукрові, картопля, багаторічні злакові трави. Непридатними попередниками є інші зернобобові культури і багаторічні трави (господарі збудників кореневих гнилей) і культури – господарі збудників склеротинії, оскільки соняшник або хрестоцвіті культури. Частка культур сприйнятливих до склеротиніозу (сою, соняшник, ріпак) в сівозміні не повинна перевищувати 33%.

За вирощування кожної культури в ґрунті нагромаджується специфічна мікрофлора, включаючи патогенну. Рослинні залишки, які містять збудники хвороб, і залишаються в ґрунті та на його поверхні після збирання урожаю, є одним із основних джерел поширення хвороб. Тому важливо, щоб попередники культур залишали поля чистими від цих збудників.

Сою – цінний попередник для інших культур. Однак пізнє збирання культури не у всіх регіонах дає можливість вирощувати після неї озимі культури.

Вирощування сої сприяє збагаченню ґрунту біологічним азотом, що дає тривалу пролонговану дію. Ефективність його простежується як під час першого року вирощування сої, так і впродовж наступних років.

За результатами багаторічних досліджень 2008–2014 рр. Панфільської дослідної станції ННЦ «ІЗ НААН» проведених відділом захисту рослин від шкідників і хвороб виявлено позитивний вплив попередників на зменшення прояву найбільш поширених хвороб сої. Встановлено, що кращими попередниками для сої є озимі й ярі зернові культури. Вирощування сої в монокультурі збільшувало рівень поширення хвороб (септоріозу, аскохітозу, пероноспорозу та кутастої бактеріальної плямистості листків), тоді як за попередника пшениця озима і пшениця яра ці показники були нижчі у 1,5 раза [7].

За вирощування сої істотне значення має просторова ізоляція між нею та культурами, що уражуються спільними збудниками хвороб. Відстань від багаторічних бобових трав та інших бобових культур: сою та інші бобові рослини можуть бути чутливими до спільних хвороб та шкідників. Тому рекомендовано не розміщувати сою ближче ніж на 1 км до інших бобових культур, щоб зменшити ризик зараження.

Просторова ізоляція передусім запобігає спалахам аерогенної грибної, бактеріальної інфекцій й істотно обмежує розповсюдження вірусу жовтої мозаїки та ін. [12; 13].

Дотримання сівозміни сприяє істотному зниженню розвитку збудників пліснявіння насіння, плямистостей листків, корневих гнилей, пероноспорозу, бактеріальних та вірусних хвороб.

Обробіток ґрунту. Правильна обробка ґрунту відіграє важливу роль у вирощуванні сої та запобіганні поширенню основних хвороб. Нижче подано деякі важливі аспекти обробітку ґрунту для культури сої.

Створення оптимальної структури ґрунту: для сої важливо мати дрібногрудкуватий та рівномірно розпушений посівний шар ґрунту. Це сприяє рівномірному розсіюванню насіння та сприяє проростанню коренів та утворенню бульбочок на коренях.

Загортання рослинних решток: рештки рослин на полі можуть бути джерелом інфекції багатьох хвороб сої. Важливо гарно загорнути рослинні рештки та змішати їх з ґрунтом під час обробки поля.

Створення пухкого та добре структурованого орного шару: орний шар ґрунту повинен мати оптимальну структуру, щоб коріння сої могло легко проростати та розвиватися. Важливо дотримуватися оптимальної щільності ґрунту для сої, яка зазвичай становить 1,1–1,3 г/см.

Ротація культур: ротація культур є важливим аспектом вирощування сої. Посів сої на полях, де ця культура не вирощувалася в попередні роки, допомагає зменшити ризик зараження хворобами та шкідниками, що специфічні для сої.

Обмеження розповсюдження збудників хвороб: після попередників, які можуть бути джерелом інфекції, рекомендовано виконувати додаткові обробки ґрунту, такі як дискування та оранка на відповідну глибину, щоб знизити ризик зараження хворобами сої.

Дотримання цих рекомендацій допоможе покращити якість ґрунту, зменшити ризик зараження хворобами та підвищити врожайність сої.

Підготовка поля до сівби сої у весняний період відіграє неабияку роль у створенні оптимальних умов для росту та розвитку цієї культури. Важливими моментами в цьому заході є вирівнювання та культивування ґрунту за допомогою борон або вирівнювачів. Перша культивування з боронуванням: вона важлива для підготовки ґрунту перед сівбою. Вона виконується на глибину 10–12 см та допомагає розрівняти поверхню ґрунту, видалити бур'яни та рештки рослин, а також покращити структуру ґрунту.

Друга передпосівна культивування з боронуванням – проводиться перед сівбою сої. Вона зазвичай включає в себе боронування на глибину, яка відповідає глибині загортання насіння. Це допомагає створити ідеальні умови для сівби сої, забезпечуючи належну глибину загортання насіння та його контакт із ґрунтом.

Правильно виконана підготовка поля до сівби допомагає забезпечити успішне вирощування сої та покращити її врожайність, знизивши ризик конкуренції з бур'янами та забезпечивши належний розподіл та загортання насіння на правильну глибину.

Підготовка насіння до сівби. Для сівби сої використовують якісний насіннєвий матеріал. Насіння сої повинно бути максимально відсортованим, відкаліброваним за величиною, з високою енергією проростання та схожістю, яке здатне давати дружні сходи. Для визначення посівних якостей насіння слід проводити аналіз сої на сортову чистоту (повинна бути не менше 98%), схожість (не менше 92%), енергію проростання і масу 1000 насінин. Також проводити аналіз насіння

на ураження збудниками хвороб, методом пророщування сої у вологих камерах. Вимоги до посівного матеріалу регламентовані державним стандартом України ДСТУ 4138-2002 «Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості» [14].

Ураження насіннєвого матеріалу мікрофлорою відбувається у різний час: у період вегетації, при зборі урожаю, особливо в умовах підвищеної вологості, під час обмолоту, в період зберігання насіння з підвищеною вологістю.

Використання здорового насіннєвого матеріалу сої сприяє обмеженню поширення найбільш шкідливих хвороб.

У день сівби проводять інокуляцію насіннєвого матеріалу сої штамами азотфіксувальних та фосфобілізуювальних бактерій (Ризоторфіном (200 г/га), Ризобіфіт, р. (0,3–3,0 л/га), з додаванням мікроелементів.

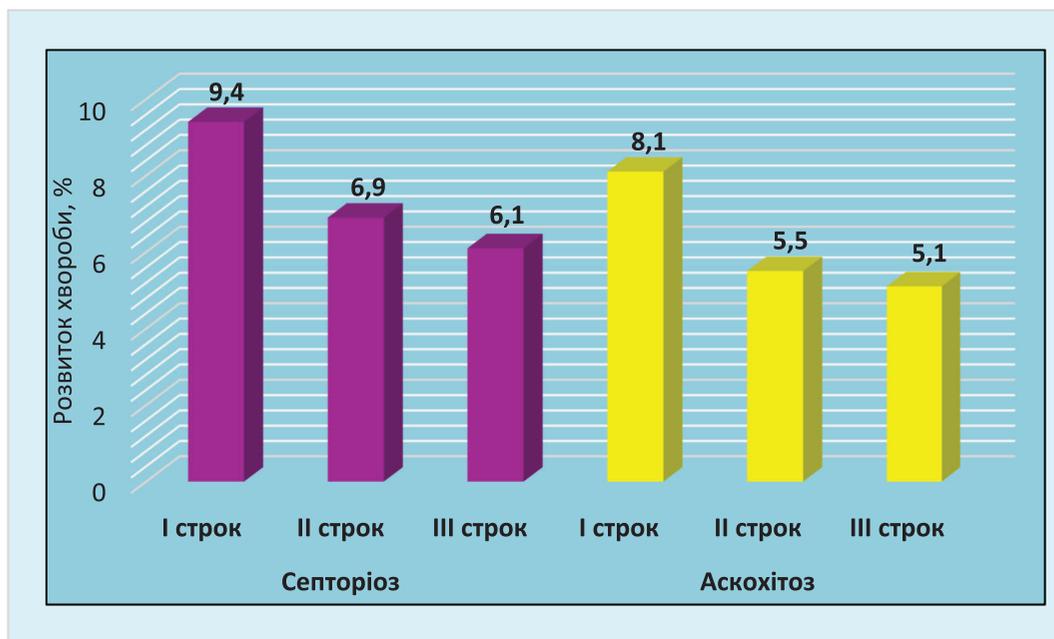
Інокуляція – це процес нанесення на насіння препаратів, які містять ризобактерії (бульбочкові бактерії з роду *Rhizobium*), що сприяють утворенню азотофіксувальних бульбочок на корінні рослини.

Для підвищення врожайності та імунітету рослин до хвороб проводять передпосівне протруєння насіння сої біологічними препаратами рекомендованими згідно з Переліком пестицидів та агрохімікатів в Україні 2022 р.

За результатами досліджень відділу захисту рослин від шкідників і хвороб ННЦ «ІЗ НААН» за передпосівного оброблення насіння сої високу технічну ефективність (83,0–84,5%) в боротьбі з аскохітозом, септоріозом та кутастою бактеріальною плямистістю листків показав біологічний препарат Фітоцид, р. 1,0 л/га (клітини бактерій *Bacillus subtilis* $1,0 \times 10^9$ – $1,0 \times 10^{10}$ КУО/см³ або $1,0 \times 10^{10}$ КУО/г).

При обробці насіння слід уникати прямого сонячного проміння, яке згубно діє на бульбочкові бактерії.

Строки сівби сої. Для оптимізації фітосанітарного стану посівів сої важливим агротехнічним прийомом є визначення оптимальних строків сівби, які значно впливають на ураженість рослин патогенами. Правильно вибрані строки сприяють швидкому росту рослин, допомагають уникнути масового поширення хвороб в посівах і дають змогу отримати високий урожай. Це особливо важливо для сортів сої ранньо- і середньостиглого дозрівання, чиєю тривалістю вегетаційного періоду є ключовий чинник для досягнення високої продуктивності в лісостепових умовах. Встановлення оптимальних строків



Примітка. * I строк – третя декада квітня, II строк – перша декада травня, III строк – друга декада травня

Рис. 2. Ураженість сої грибними хворобами за різних строків сівби, 2010-2015 рр.,%

сівби, відповідних біології кожного сорту, вважається ефективним способом значно зменшити негативний вплив шкідливих чинників на ріст і розвиток рослин, забезпечуючи оптимальну роботу всіх складових технології вирощування.

Соя – культура зі специфічними вимогами до строків сівби. Вибір правильного строку сівби має вирішальне значення для успішного вирощування сої, оскільки від нього залежать ряд важливих аспектів. Відповідно до строки сівби формується дружність сходів, густина рослин, рівномірність дозрівання, розмір і якість урожаю, а також фітосанітарний стан посівів. Оптимальні строки забезпечують швидкий ріст рослин і дають можливість їм пройти критичний період, коли посіви найбільш уразливі до зараження хворобами. В разі занадто ранньої сівби в недостатньо прогрійтий ґрунт може відбутися подовження періоду проростання насіння, що збільшує ризик інфекції рослин патогенами. Як результат, сходи можуть з'явитися нерівномірними та зрідженими, що збільшує ймовірність зараження хворобами.

За результатами досліджень ураженості сої хворобами залежно від строків сівби встановлено вищу ураженість рослин сої як грибними, так і бактеріальними хворобами за раннього строку сівби сої (третя декада квітня). Так, поширеність грибних хвороб на ранніх посівах сої становила 30,0–35,8% за розвитку хвороби 8,1–9,4%, на пізніх 28,6–31,5% за розвитку хвороби 5,1–6,1% (рис. 2).

Бактеріальні хвороби на ранніх посівах сої проявились до 28,0–29,4% за розвитку хвороби 9,3–11,6%, тоді як на пізніх посівах сої (друга декада травня) ураженість становила 15,0–17,7% за розвитку 4,5–5,7%.

Аналіз урожайних даних показав, що на ранніх посівах сої, де ураженість рослин грибними та бактеріальними хворобами була найвищою, продуктивність була нижчою, порівняно з показниками для пізнього строку сівби. Тому рекомендовано проводити сівбу сої високоякісним насінням в оптимальний термін із метою зниження ризику ураження хворобами та досягнення високого врожаю (2 декада травня).

Норми висіву і глибина загортання насіння. Правильно підібрана норма висіву насіння є одним із ключових чинників майбутнього врожаю сої. Крім того, оптимальна норма допоможе знизити витрати на виробництво.

Під час обчислення норми висіву у кількості кг/га слід брати до уваги масу 1000 насінин, польову схожість, при цьому вона завжди буде меншою за лабораторну кількість і заплановану кількість рослин на 1 гектар, залежно від сорту.

За результатами досліджень відділу захисту рослин, встановлено що рослини сої в загущених посівах також сильніше уражуються хворобами. Так, ураженість рослин сої грибними (септоріозом, пероноспорозом, аскохітозом) та бактеріальними хворобами

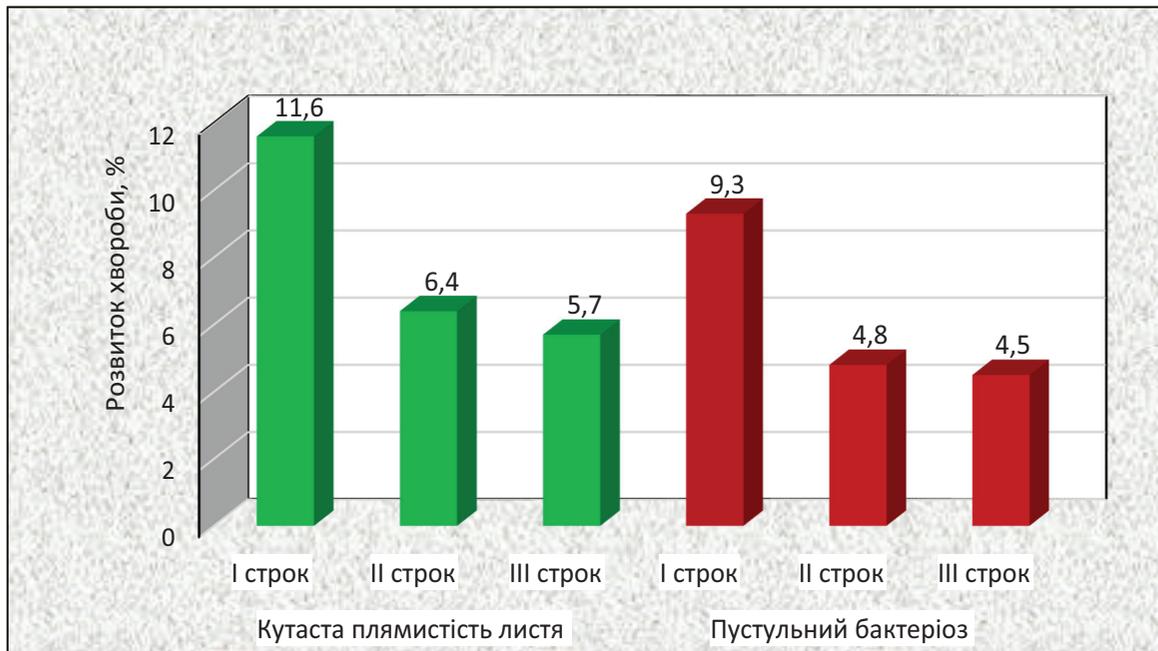


Рис. 3. Ураженість сої бактеріальними хворобами за різних строків сівби, 2010–2015 рр., %

зростала у 1,5–2 рази із збільшенням норм висівання насіння із 400 тис./га до 1 млн/га. Тому найдоцільніше сою сіяти широкорядним (45 см) способом з нормою висіву 600–700 тис./га схожих насінин (90–100 кг) на га.

Захист сої від хвороб біологічними препаратами

До Переліку пестицидів і агрохімікатів... для застосування на посівах сої у 2022 р. внесено близько 200 біологічних препаратів (це біопрепарати для завоювання атмосферного азоту; для підвищення врожайності; для нормалізації мікрофлори та пришвидшення розкладання поживних решток, а також біологічні препарати в захисті сої від хвороб.

Висока ефективність фунгіцидів проти листових хвороб сої буде досягнута за умов систематичного моніторингу посівів культури, коли зафіксована дата прояву перших симптомів хвороби на рослинах і завдяки цьому буде встановлений термін першої фунгіцидної обробки.

Тому, починаючи з фази початку бутонізації рослин (ВВСН 51), посіви сої слід обстежувати один раз на декаду. А з фази цвітіння (ВВСН – 61-65), коли відбувається масове ураження рослин хворобами – один раз на 6–7 діб.

Під час виявлення перших ознак хвороб: септоріозу, пероноспорозу, аскохітозу, бактеріальних хвороб доцільно проводити обприскування посівів сої рекомендованими фунгіцидами.

Варто зазначити, що обробки біофунгіцидами слід проводити не менше як двічі впродовж вегетації

сої. Першу – у фазі бутонізації (ВВСН 55 за шкалою Задокса), другу – на початку цвітіння (ВВСН 61-63), а наступні (залежно від поширення та розвитку хвороб на посівах сої) через 12–14 діб.

Упродовж вегетації сої для обмеження розвитку грибних і бактеріальних хвороб нами проводились дослідження з вивчення шести біологічних препаратів фунгіцидної дії.

За результатами наших досліджень, кращими себе зарекомендували в захисті сої від хвороб: проти септоріозу – Біокомплекс – БТУ, р., та Фітоцид, р., – ефективність 82,1% і 80,0%; проти аскохітозу – ФітоХелп, р, 2л/га – ефективність 81,9%; проти кутастої бактеріальної плямистості листків – Біокомплекс – БТУ, р. – 85,4%.

Отже, застосування в технології вирощування сільськогосподарських культур біопрепаратів дає можливість частково замінити азот мінеральних добрив на дешевший біологічний азот, фіксований мікроорганізмами з повітря.

Висновки

В умовах Північного Лісостепу України за результатами багаторічних досліджень найбільш розповсюдженими та шкодочинними хворобами на сої є збудники: сім'ядольного бактеріозу (*Pseudomonas*, *Xanthomonas*, *Erwinia*), кутастої бактеріальної плямистості листків (*Pseudomonas savastanoi* pv. *glycinea*), пустульного бактеріозу (*Xanthomonas axonopodis* pv. *glycinea*), дикого опіку або рябухи (*Pseudomonas*

syringae pv. *tabaci*), бактеріальної смугастості стебла (*Panthoea agglomerans*), септоріозу (*Septoria glycinea* T. hemmi), аскохітозу (*Ascochyta sojicola* Abramow (ASCOSO); пероноспорозу *Peronospora manshurica* (Naum) Syd. (PEROMA) (рис.1). Ураженість рослин хворобами становила в межах від 6,3 до 47,9% (поширення) і залежала від типу захворювань і особливостей їх збудників, сортової специфіки, фази розвитку рослини і погодних умов.

У системі захисту сої від хвороб значну увагу слід приділяти агротехнічним заходам. Своєчасне і якісне застосування агротехнічних заходів протягом тривалого часу в умовах їх повної взаємодії дає змогу скоротити видову різноманітність і рівень ураження збудників хвороб до порогової при цьому скорочує необхідність застосування хімічних заходів.

Основою будь-якої сучасної системи землеробства є сівозміна, у якій найповніше реалізуються можливості сучасних технологій вирощування сільськогосподарських культур. Встановлено, що кращими попередниками для сої є озимі й ярі зернові культури. Вирощування сої в монокультурі збільшує

рівень поширення хвороб (септоріозу, аскохітозу, пероноспорозу та кутастої бактеріальної плямистості листків), тоді як за попередника пшениця озима і пшениця яра ці показники нижчі у 1,5 раза.

Для покращання фітосанітарного стану посівів сої важливим агротехнічним заходом, який значно впливає на ураженість рослин патогенами хвороб, є вибір оптимальних строків сівби. На основі результатів багаторічних досліджень було встановлено, що задовільний фітосанітарний стан посівів сої можна досягти, сіючи її високоякісним насінням в оптимальний термін (2 декада травня).

За результатами імунологічної оцінки стійкості створено генофонд стійких до кутастої бактеріальної плямистості листків (*Pseudomonas savastanoi* pv. *glycinea*) сортів сої: Вишиванка, Переяславка, Ясочка, Муза та ін. Ці сорти за результатами досліджень підтвердили свою стійкість до збудника *Pseudomonas savastanoi* pv. *glycinea* і за штучного зараження рослин, тому їх рекомендовано як джерела (донори) стійкості, придатні для використання в селекційному процесі під час створення нових стійких сортів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Поліщук С.В. Фітосанітарний стан посівів сої залежно від погодних умов. *Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства НААН»*. 2018. Вип 1. С. 44–51.
2. Поліщук С.В. Особливості захисту посівів сої від хвороб за технологій органічного виробництва. *Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства»*. 2017. Вип. 2. С.26–29.
3. Писаренко В.М., Писаренко П.В. Захист рослин: екологічно обґрунтовані системи. 2002. С. 56–58.
4. Shcherbyna O.Z., Levchenko T.M., Holodna A.V., Baidiuk T.O., Kurhak V.H., Tymoshenko O.O., Romaniuk L.S., Lubchych O.H., Tkachenko N.V., Polishchuk S.V., Hurenko A.V. Evaluation of plasticity and yield stability in white lupin and soybean varieties. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2021. 11(2). P. 360–365. Doi: https://doi.org/10.15421/2021_123.
5. Поліщук С.В. Стійкі сорти сої – надійний захист від хвороб. *Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства НААН»* 2016. Вип.2. С. 31–34.
6. Корнійчук М.С., Поліщук С.В. Сортові особливості стійкості сої до основних хвороб. *Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства НААН»*. 2014. Вип. 4. С. 168–174.
7. Поліщук С.В. Особливості захисту посівів сої від хвороб за технологій органічного виробництва. *Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства»*. 2017. Вип. 2. С.26–29.
8. Наукові основи виробництва органічної продукції в Україні: моногр. / за ред. д-ра с.-г. наук, проф., акад. НААН Я.М. Гадзала, д-ра с.-г. наук, проф., НААН В.Ф. Камінського. Київ: Аграрна наука, 2016. 592 с.
9. Трибель С.О., Методики випробування і застосування пестицидів. Трибель С.О., Сігарьова Д.Д., Секун М.П., Іващенко О.О. та ін. /за ред. проф. С.О. Трибеля. Київ:Світ, 2001. 448 с.
10. Ретьман С.В., Лісовий М.П. та ін. Реєстраційні випробування фунгіцидів у сільському господарстві. Київ: Колоб'іг, 2013. 296 с.
11. Хохряков М.К., Доброзракова Г.Л. Определитель болезней растений. 2003. С. 132–139.
12. Грикун О. Захист посівів сої від шкідників, хвороб та бур'янів. *Пропозиція* – головний журнал з питань агробізнесу. 2008. URL:<http://propozitsiya.com/ua/>.
13. Марков І.Л. Інтегрований захист сої від хвороб. *Агроном*. 2013. № 2. С.152–159.
14. Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості. Державний стандарт (ДСТУ 4138–2002). Київ: Держспоживстандарт України, 2003. 173 с.

15. Особливості вирощування зернобобових культур у Лісостепу: науково- методичні рекомендації / В.Ф. Камінський, А.В. Голодна, С.П. Дворецька,

О.Г. Любчич, М.С. Корнійчук, С.В. Поліщук. Вінниця: ТОВ «ТВОРИ», 2020. 108 с.

REFERENCES

- Polishchuk S.V. (2018). Fitosanitarnyi stan posiviv soi zalezno vid pohodnykh umov. *Zbirnyk naukovykh prats NNTs «Instytut zemlerobstva NAAN»*, 1, 44–51 [in Ukrainian].
- Polishchuk S.V. (2017). Osoblyvosti zakhystu posiviv soi vid khvorob za tekhnolohii orhanichnoho vyrobnytstva. *Zbirnyk naukovykh prats NNTs «Instytut zemlerobstva»*. P.26–29 [in Ukrainian].
- Pysarenko V.M., Pysarenko P.V. (2002). *Zakhyst roslyn: ekolohichno obgruntovani systemy*. P. 56–58 [in Ukrainian].
- Shcherbyna O.Z., Levchenko T.M., Holodna A.V., Baidiuk T.O., Kurhak V.H., Tymoshenko O.O., Romaniuk L.S., Lubchych O.H., Tkachenko N.V., Polishchuk S.V., Hurenko A.V. (2021). Evaluation of plasticity and yield stability in white lupin and soybean varieties. *Ukrainian Journal of Ecology*, 11(2), 360–365. Doi: https://doi.org/10.15421/2021_123 [in English].
- Polishchuk S.V. (2016). Stiiki sorty soi – nadiinyi zakhyst vid khvorob. *Zbirnyk naukovykh prats NNTs «Instytut zemlerobstva NAAN»*, 2, 31–34 [in Ukrainian].
- Korniichuk M.S. Polishchuk S.V. (2014). Sortovi osoblyvosti stiikosti soi do osnovnykh khvorob. *Zbirnyk naukovykh prats NNTs «Instytut zemlerobstva NAAN»*, 4, 168–174 [in Ukrainian].
- Polishchuk S.V. (2017). Osoblyvosti zakhystu posiviv soi vid khvorob za tekhnolohii orhanichnoho vyrobnytstva. *Zbirnyk naukovykh prats NNTs «Instytut zemlerobstva»*, 2, 26–29 [in Ukrainian].
- Naukovi osnovy vyrobnytstva orhanichnoi produktsii v Ukraini: monohrafiia (2016) / za red. d-ra s.-h. nauk, prof., akad. NAAN Ya. M. Hadzala, d-ra s.-h. nauk, prof., NAAN V.F. Kaminskoho. Kyiv: Ahrarna nauka, 592 p. [in Ukrainian].
- Trybel S.O., (2001). *Metodyky vyprobuvannia i zastosuvannia pestytsydiv*. Trybel S.O., Siharova D.D., Sekun M.P., Ivashchenko O.O. ta in. Za red. prof. S.O. Trybelia. K.:Svit. 448 p. [in Ukrainian].
- Retman S.V., Lisovyi M.P., (2013). ta in. *Reiestratsiini vyprobuvannia funhitydiv u silskomu hospodarstviuu*. K.: Kolobih. 296 p. [in Ukrainian].
- Khokhriakov M.K., Dobrozrakova H.L., (2003). *Opredelytel boleznei rastenyi*. P. 132–139 [in Ukrainian].
- Hrykun, O. (2008). *Zakhyst posiviv soi vid shkidnykiv, khvorob ta burianiv Propozytsiia – holovnyi zhurnal z pytan ahrobiznesu*. URL: <http://propozitsiya.com/ua/> [in Ukrainian].
- Markov, I.L. (2013). *Intehrovanyi zakhyst soi vid khvorob*. *Ahronom*, 2, 152–159 [in Ukrainian].
- Nasinnia silskohospodarskykh kultur. (2003). *Metody vyznachennia yakosti. Derzhavnyi standart (DSTU 4138–2002)*. Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy, 173 p. [in Ukrainian].
- Osoblyvosti vyroshchuvannia zernobobovykh kultur u Lisostepu (2020). *Naukovo metodychni rekomendatsii /V.F. Kaminskyi, A.V. Holodna, S.P. Dvoretzka, O.H. Liubchych, M.S. Korniichuk, S.V. Polishchuk*. Vinnytsia: TOV «TVORY». 108 p. [in Ukrainian].

Polishchuk S.V.

Measures to control harmful organisms in soybean crops in the forest-step zone

Aim. To clarify the structure of phytopathogenic soybean complex, the species composition of pathogens of soybean diseases. The influence of agrotechnical, immunological, and biological protection measures on the development of the most common diseases in soybean crops. **Methods.** Field, laboratory, phytopathological, and analytical. Field studies were conducted under the conditions of monitoring surveys. **Results.** The article presents the results of long-term research on the phytosanitary status of soybean crops, the species composition of pathogens, and measures to control harmful organisms in the forest-steppe zone. **Conclusions.** According to the results of the research, the phytosanitary monitoring of soybean crops in the northern forest-steppe zone of Ukraine is represented by pathogens: cotyledon blight, angular bacterial leaf spot, pustular blight, wild blight, bacterial stem striation, septoriosis, ascochytosis a peronosporosis. The positive influence of precursors on reducing the manifestation of the most common soybean diseases was revealed. According to research results, the best predecessors for soybeans are winter and spring grain crops. Growing soybeans in a monoculture increased the spread of diseases (septoriosis, ascochytosis, downy mildew, and angular bacterial leaf spot), while under the predecessor winter

wheat and spring wheat, these indicators were 1.5 times lower. According to the results of many years of research, the satisfactory phytosanitary condition of soybean crops is ensured by the optimal timing of soybean sowing with high-quality seeds (2nd decade of May). Based on the results of the immunological assessment of resistance, a gene pool of soybean varieties resistant to angular bacterial leaf spot (*Pseudomonas savastanoi* pv. *glycinea*) was created: Vyshivanka, Pereyaslavka, Yasochka, Muza, etc. According to the results of research, these varieties have confirmed their resistance to the pathogen *Pseudomonas savastanoi* pv. *glycinea* and for artificial infection of plants, therefore they are recommended as sources (donors) of resistance suitable for use in the selection process when creating new resistant varieties.

Keywords: soybean diseases, phytosanitary status, phytopathogenic complex, causative agents, disease development, agrotechnical measures, resistant varieties, biological preparations, resistance.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРА

Поліщук С.В., кандидат сільськогосподарських наук, провідний науковий співробітник відділу захисту рослин від шкідників і хвороб, ННЦ «ІЗ НААН», e-mail: svet.

polishchuk02@gmail.com, polischyksv@ukr.net, ORCID : 0000-0002-2917-2901.

Polishchuk S.V., candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the Department of Plant Protection from Pests and Diseases, the NSC «IA NAAS», e-mail: svet.

polishchuk02@gmail.com, polischyksv@ukr.net, ORCID : 0000-0002-2917-2901.

Надійшла 23.10.2023

ОСОБЛИВОСТІ СТВОРЕННЯ СОРТІВ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ З ВИКОРИСТАННЯМ ГЕНОФОНДУ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ ЯРОЇ

Л.М. Голик, М.І. Штакал, О.С. Левченко, Н.В. Симоненко, І.В. Шпакович

ННЦ «ІЗ НААН» (сmt Чабани, Україна)

Мета. Обґрунтування методу термічного мутагенезу для створення сортів і ліній пшениці озимої. **Методи.** Для того щоб отримати озимі форми з ярої пшениці проводили яровизацію сортозразків пшениці ярої за методом термічного мутагенезу. Яровизоване насіння висаджували рано весною для дослідження (перший етап вивчення дії фізичного мутагену). Зібране насіння (M_1) від весняного посіву, висівалося восени (другий етап) у другій половині оптимальних строків сівби пшениці озимої – 15–20 вересня. Наступні покоління рослин (M_2 - M_3) висівалися в оптимальні строки. За використання методів термічного мутагенезу (індивідуальний добір із пшениці ярої за яровизації та сівби під зиму), поєднанням термічного мутагенезу та гібридизації озимих батьківських компонентів (індивідуальний добір із пшениці ярої за яровизації та сівби під зиму схрещено з озимим сортом і навпаки) та метод гібридизації (озимий сорт схрещено з озимим сортом) для важливості створення сортів і ліній з пшениці ярої. **Результати.** За використання методу термічного мутагенезу створено сорти пшениці озимої ранньостиглий Романівна методом індивідуального добору з гібридної комбінації за сівби зразка ярої пшениці Long MAI 19" 2 / Pastor мексиканського походження під зиму, середньостиглі Заотар методом індивідуального добору з гібридної комбінації мексиканського походження CROC I|AE SQUARROSA (205)||KAUS ярої пшениці за сівби під зиму, Пирятинка методом індивідуального добору з пшениці ярої мексиканського походження VEE#5 / CBRD // BYU/4/ TNU MU / TUI за сівби під зиму, Любіто індивідуальний добір з пшениці м'якої ярої NEW KEXAN 9*2 / W 175,6 SC 3,3 мексиканського походження за сівби під зиму. Поєднанням термічного мутагенезу та гібридизації озимого батьківського компонента сорти пшениці озимої Осяйна шляхом індивідуального добору з гібридної популяції Flambord (Франція, пшениця яра за сівби під зиму) / Миронівська ранньостигла, Землероб методом гібридизації: Індивідуальний добір із пшениці м'якої ярої TW 21311 британського походження за сівби під зиму / M 64 – 192 (лінія відібрана на стійкість проти ВЖКЯ) та багато ліній, які використовуємо у селекційному процесі. Сорти і лінії створені за цим методом добре конкурують із сортами створеними методом гібридизації Краєвид, Кесарія Поліська, Водозрай, Миролубна, Мокоша, Полісянка, Намисто, Мережка, Престижна, Русява, Фортеця Поліська, Ефектна, Красуня Поліська. **Висновки.** Застосування термічного мутагенезу є ефективним методом за виведення сортів пшениці озимої з ярої і заслуговує на широке використання в селекційній практиці. Використання пшениці ярої в гібридному селекційному процесі з сортів і ліній мексиканського, французького, китайського, німецького походження дало змогу вивести високоврожайні лінії і ранньостиглі сорти пшениці озимої Романівна, Осяйна та середньостиглі Пирятинка, Землероб, Любіто, з продуктивністю 7-8 т/га та високою зимостійкістю (7-8 балів), які внесені у Реєстр сортів України. На сорт Заотар видано патент. Залучення як джерела ярі форми пшениці, дало можливість отримати покращання якості зерна озимих сортів пшениці з високим вмістом білка та клейковини.

Ключові слова: зразки пшениці ярої, яровизація, гібридизація, індивідуальний добір ярої пшениці за сівби під зиму, сорти і лінії, пшениця озима.

Вступ. Пшениця озима в умовах Лісостепу України є і, в перспективі, залишиться основною продовольчою культурою, що фактично забезпечує продовольчу безпеку і експортний потенціал країни. З'ясування механізмів морозостійкості рослин було і залишається актуальним питанням для створення нових сортів культурних рослин [1]. Оскільки найбільші зміни рівня експресії спостерігаються у випадку гена *TUBA-2-3* (зростання на кілька порядків) [2], можна припустити, що високий рівень його експресії є важливим фактором у формуванні холодостійкості під час холодової аклімації. Вірогідно, що такі зміни експресії у різних сортів позитивно корелюють зі ступенем холодостійкості та швидкістю проходження холодової аклімації [3; 4]. Необхідно дякувати генетикам [1], що на сьогодні вони роблять висновки «досліджено закономірності у змінах рівнів експресії гена *TUBA-2-3* під час перших 72 год холодової аклімації у озимого (Миронівська 808) та ярого (Харківська 26) сортів м'якої пшениці. Для обох сортів спостерігається пригнічення рівнів експресії гена *TUBA-2-3* з подальшим поступовим його зростанням. У випадку озимого сорту Миронівська 808 у перші 48 год реєструється знижений порівняно з контролем рівень експресії гена *TUBA-2-3* з подальшим відновленням та зростанням експресії після 72 год. У випадку ярого сорту Харківська 26 відбувається поступове підвищення рівня експресії *TUBA-2-3* у перші 24 год, після чого рівень експресії гена *TUBA-2-3* зростає, досягаючи значних рівнів після 72 год холодової аклімації. Загалом у озимого сорту пшениці відновлення експресії відбувається дещо пізніше порівняно з ярим сортом». Проведена робота селекціонерами ННЦ «ІЗ НААН» підтверджує, що сорт Харківська 26 після яровизації 80 діб та за сівби під зиму добре перезимовує та і не тільки цей сорт.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Постановка проблеми. Академіки С. Лифенко і М. Литвиненко [5]: «... як би не називали метод створення сорту Миронівська 808, але сорт безумовно є, і не просто сорт, а відомий генотип, який в свій час вплинув на землеробство ... цілого ряду європейських країн». Ці самі автори підкреслюють, що сам В. М. Ремесло назвав цей метод спрямованим мутагенезом: «... В основі зміни ярих форм пшениці лежить мутаційний процес ... під впливом факторів зовнішнього середовища, низьких температур проходить адаптивна модифікація, яка потім закріплюється успадкуванням» [6]. Академік В. Моргун у монографії [7]

підвів остаточну риску в назві методу: «... Це не що інше, як ... метод отримання мутацій завдяки використанню понижених температур, мутагенність яких доведена» (с. 482). Слід нагадати, що 100–150 років тому наші предки в трипільній сівозміні одне поле відводили під ярі зернові (яра пшениця, ячмінь, овес тощо), друге під просапні і третє під толоку [8]. Озимину практично не сіяли, бо вона вимерзала через низьку зимостійкість [9]. Низьку зимостійкість мав також відомий перший сорт Українка. І лише з появою Миронівської 808 відбулися сильні еволюційні зміни в сторону підвищення зимостійкості пшениці озимої [10]. Це зайвий раз підтверджує ті обставини, що в еволюційних змінах в природі спочатку були ярі форми, а потім почали з'являтися озимі екотипи. Тобто сама природа «використовувала» термічний мутагенез. Наразі, завдяки досягненням вчених ННЦ «ІЗ НААН», Миронівського інституту пшениці імені В. М. Ремесла, Інституту фізіології рослин і генетики НАН України та інших науково-дослідних установ, виведено багато ранньостиглих і середньостиглих сортів пшениці озимої м'якої використовуючи метод термічного мутагенезу [11]. Важливість створення сортів різних строків дозрівання полягає в можливості збільшення періоду збирання цієї культури. Однак збирання ранньостиглих сортів на початку липня також значно розширює можливості вирощування пожнивних культур. До них належить посів гречки на насіння та поживні кормові культури. Тому, не зважаючи на дещо нижчі врожаї ранньостиглих сортів пшениці озимої, порівняно з середньостиглими сортами, залишається актуальним виведення високопродуктивних ранньостиглих сортів цієї цінної продовольчої культури. Застосування класичних методів селекції пшениці озимої, який наразі ще широко використовується для виведення нових сортів із високою врожайністю, якістю зерна, стійких рослин проти хвороб та кліматичних змін, передбачає поглиблену оцінку робочої колекції зразків різного походження за цінними господарськими ознаками [12]. Широкого значення набуває використання генотипів із різних погодно-кліматичних зон, міжвидових та міжродових схрещувань для отримання сортів і ліній [13]. Аналізуючи також дослідження в селекції пшениці озимої за останні роки впливає, що поряд із класичними методами селекції не втрачає свого значення також застосування і інших методів, зокрема, термічний мутагенез з наступним доббором цінних генотипів тощо.

Мета досліджень. Обґрунтування методу термічного мутагенезу для створення сортів і ліній пшениці озимої.

Матеріали і методи. Дослідження проводили в відділі селекції зернових культур ННЦ «ІЗ НААН». Розсадники – колекції, мутантів M_1 - M_3 , селекційний і контрольний, попереднє і конкурсне сортовипробування розміщували у різні роки по попередниках соя, ріпак, льон, гірчиця, конюшина, гречка. Не зважаючи на великі генетичні досягнення в селекції будь-якої культури, найбільш актуальним завжди було і залишається питання – що брати в якості вихідного матеріалу, які сорти більш доцільно використовувати для отримання кращих сполучень цінних господарських ознак і біологічних властивостей. З огляду на це, у ННЦ «ІЗ НААН» вивченню вихідного матеріалу приділяємо особливу увагу та щороку вивчали близько 50–100 сортозразків пшениці ярої з різних регіонів України і зарубіжжя. На підставі цього вивчення, кращі сортозразки використовували для обробки фізичними (низькі температури) мутагенами та залучали в гібридизацію. Добір кращих колекційних сортозразків пшениці ярої проводили за ознаками: тривалість вегетаційного періоду, стійкість рослин проти основних грибних хвороб і вилягання, продуктивність – та за їх комплексом. Вивчення і оцінку колекційного матеріалу пшениці ярої проводили згідно методики [14]. Для того щоб отримати озимі форми з ярої пшениці проводили яровизацію сортозразків пшениці ярої за методикою [15–17] удосконаленої нами: в алюмінієвих бумажках, які з боку мають отвори діаметром 0,5–0,7 см [18]. На дно бумажки клали дерев'яні палички, поверх них фільтрувальний папір, на який висипали 100 насінин сортозразків пшениці ярої, змочували водою і пророщували до накльовування зерна. Після цього бумажки з насінням ставили в холодильну камеру для яровизації (80 діб) за плаваючої температури 0 ... мінус 2 °С. Для надання однакової температури в камері вмонтовано вентилятор. Яровизоване насіння висаджували рано навесні для дослідження (перший етап вивчення дії фізичного мутагену). Зібране насіння (M_1) від весняного посіву, висівалося восени (другий етап) у другій половині оптимальних строків сівби озимої пшениці – 15–20 вересня. Наступні покоління рослин (M_2 - M_3) висівалися в оптимальні строки. Сівбу гібридів і мутантів (F_1M_1) проводили вручну під маркер із розрахунку 100 зерен на 1 погонний метр у трьохразовій повторності. Гібриди F_2 - F_3 і мутанти M_2 - M_3 ,

селекційний розсадник сіяли сівалкою СКС-6-10 з розрахунку 250 зерен на 1 м²; контрольний розсадник у одноразовій повторності, попереднє, конкурсне сортовипробування – сівалкою СН-10 Ц з нормою висіву 4,5–5,0 млн схожих насінин на 1 га в чотирьохразовій повторності. В гібридному, мутаційному, селекційному і контрольному розсадниках оцінку сімей проводили в польових (фенологічні спостереження на зимостійкість, стійкість до вилягання і т.д.) і лабораторних (урожайність, маса 1000 зерен, склоподібність, вирівняність за методиками, загальноприйнятими в селекційному процесі [19]). Проводили аналіз для визначення якісних показників зерна на SDS-30 та Infratec-1241 створених сортів.

Результати та їх обговорення. Внаслідок кращих умов для розвитку (більш зріжені посіви), у рослин після яровизації формувались підвищені елементи продуктивності колоса. На першому місці за впливом на формування елементів продуктивності колоса виявилися погодні умови. Особливо це було дуже помітно на рослинах неяровизованих сортів різної групи стиглості. Так, 2003 р. викликав більше коливання елементів продуктивності у групі ранньостиглих і пізньостиглих сортів довжина колоса змінювалася від + 8,0 до – 10,9% (ранньостиглі сорти) і від – 3,0 до – 6,1% (пізньостиглі сорти), у групі середньостиглих сортів це коливання становило від +0,9 до + 1,1%. Аналогічне явище спостерігалось і за кількістю та масою зерен з колоса. На другому місці за впливом на формування елементів продуктивності був генотип сорту. Так, довжина колоса менше змінювалася у групі середньостиглих сортів – від 0,5 до 1,0 см, у групі пізньостиглих – від 1,0 до 1,6 см. Найбільша зміна довжини колоса відмічена у групі ранньостиглих сортів – від 1,2 до 2,2 см. Більше коливання відмічалось за озерненістю та масою зерен у колосі. Так, у групі ранньостиглих сортів озерненість колоса колівалась від 33,5 до 52,6 шт.; середньостиглих – від 38,9 до 68,9 шт.; пізньостиглих – від 24,4 до 48,3 шт. Велике коливання елементів продуктивності колоса рослин після яровизації можна пояснити тим, що рослини ранньостиглих і пізньостиглих сортів підпадають під вплив ранньої (весняної) і пізньої (літньої) посух, а також швидкістю у проходженні фаз розвитку. Вплив яровизаційних умов на формування елементів продуктивності рослин M_1 не змогли виявити. Це можна пояснити тим, що на ділянках посіви рослин M_1 через нижчу

польову схожість, були зрідженими, що забезпечувало їм кращі умови для росту і розвитку.

На перезимівлю рослин M_2 істотно вплинули умови перезимівлі: у суворі зими загибель рослин була значно більшою, особливо за ранніх строків сівби. В сприятливі за умовами перезимівлі роки – гинуло менше рослин. На перезимівлю рослин також впливали й умови осені: в роки з великою кількістю ясних сонячних днів у рослин краще проходило загартування, підвищувалася стійкість до несприятливих температур. У роки з більш похмурих днями перезимівля рослин була значно меншою і коливалася в межах 30–50%, а в суворі зими була ще й нижчою. Озимі форми рослин за суворих зим з'являлися вже в M_2 - M_3 , при м'яких зимах – M_4 - M_6 . Озимі форми рослин виникали не внаслідок розщеплення, а під впливом дії мутагенного фактора. Стресові фактори, що діяли у кінці осені і початку зими, змінили у рослин параметри фізіолого-біохімічних процесів. При цьому рослина або вже здатна переносити дію несприятливих чинників, або набуває такі здібності у результаті механізмів «загартування» [20].

У 2010 р. тепла осінь до кінця листопада з постійним і плавним зниженням температури з грудня дала змогу успішному загартуванню рослин пшениці ярої низькими температурами та розвитку високої зимостійкості $8 \pm 0,1$ бали у потомків селекційного розсадника (табл. 1).

Урожайність 2010/2011 р. селекційного розсадника становила $159 \pm 4,2$ г/колос ряд. Нижчу врожайність можна пояснити значною весняно-літньою посухою. Та тільки, за збирання врожаю, разом із сильними вітровими опадами надійшло в ґрунт збільшення вологості, однак, все це призвело до пізніх польових робіт із полеглим стеблостоем та у деяких випадках пророслим на «пні» зерном. На основі кореляційного аналізу щодо селекційного розсадника 2011 р. виявлено, що ознака «зимостійкість» має досить слабку кореляційну залежність, як з ознакою маси 1000 зерен, так і вмістом крохмалю в зерні. Показники якості зерна (вміст протеїну, клейковини і седиментації) мали негативний середній рівень залежності як із зимостійкістю, так і врожайністю. Тісний кореляційний зв'язок було відмічено між «урожайністю» та «зимостійкістю» ($r=0,822$).

У 2011/2012 р. посушлива осінь на початку сівби і сходів призвела до несприятливого розвитку рослин. І тільки опади, які випали на початку жовтня місяця покращили ситуацію в рості та розвитку

Таблиця 1. Урожайність зерна, зимостійкість рослин і їх варіабельність у пшениці озимій м'якої відібраної з ярої 2011 – 2013 рр.

Ознака	Середній показник	Коефіцієнт варіації V, %	Стандартне відхилення S
Характеристика потомків селекційного розсадника, 2011 р.			
Урожайність, г/колос-ряд	$159 \pm 4,2$	23,2	36,9
Зимостійкість, бал	$8 \pm 0,1$	9,9	0,8
Характеристика ліній контрольного розсадника, 2012 р.			
Урожайність, т/га	$3,86 \pm 0,11$	25,5	0,98
Зимостійкість, бал	$8 \pm 0,1$	8,9	1,0
Характеристика ліній контрольного розсадника, 2013 р.			
Урожайність, т/га	$1,85 \pm 0,07$	32,4	0,60
Зимостійкість, бал	$4 \pm 0,1$	23,6	1,0
Характеристика ліній попереднього сортопробування, 2013 р.			
Урожайність, т/га	$2,20 \pm 0,37$	40,9	0,90
Зимостійкість, бал	$7 \pm 0,8$	28,6	2,0

рослин. Однак зимові опади виступали рівномірно, тому зимостійкість цих ліній у контрольному розсаднику була на тому самому рівні $8 \pm 0,1$ бали. У 2012 р. вже в контрольному розсаднику кількість ознак у дослідженні розширили. Ознака «зимостійкість» мала тісну залежність тільки з «інтенсивністю весняного відростання». За решту ознак із зимостійкістю відмічено слабку залежність, як позитивну, так і негативну.

У несприятливому 2012/2013 р. дія низьких температур, перепади температур із великою кількістю снігу, льодова кірка, застій талої води, снігова пліснява призвели до загибелі значної кількості ліній пшениці озимі. За таких екстремальних умов лінії, відібрані з пшениці ярої або створені методом гібридизації із залученням ярих форм, перезимували на 70–80% (табл. 2).

Кращі лінії за перезимівлю та стійкістю до снігової плісняви 7-8 балів: середньостиглі – індивідуальний добір із сорту (далі і.д.) Yaso (Мексика),

Таблиця 2. Середні показники кращих ліній відібраних з пшениці ярої або створених методом гібридизації із залученням ярих форм у контрольному розсаднику, 2012–2013 рр.

Показник	Середній показник	V, %	S	Середній показник	V, %	S	Середній показник	V, %	S
	2012 р. (33 лінії)			2013 р. (57 ліній)			Середнє за 2 роки (20 ліній)		
Урожайність т/га	4,72±0,10	12,5	0,59	2,03±0,06	23,9	0,48	2,77±0,13	18,7	0,52
Зимостійкість, бал	8±0,1	8,2	1	4±0,1	23,5	1,0	6±0,1	8,2	0,5
Інтенсивність весняного відростання, бал	8±0,1	7,7	1	7±1,0	13,3	1,0	8±0,2	8,4	0,6
Тривалість вегетаційного періоду (сходи-колосіння), діб	221±0,3	0,8	2	242±0,2	0,8	1,9	232±0,6	1,1	2,5
Висота рослин, см	102±1,4	8,0	8	73±1,4	14,6	10,6	83±2,2	10,6	8,7
Стойкість проти хвороб, бал: бурої іржі	3±0,1	25,4	1	4±0,1	23,5	0,9	4±0,3	25,0	1,0
борошниста роса	6±0,2	20,7	1	5±0,1	18,6	0,9	6±0,2	13,1	0,7
септоріоз листків	4±0,1	18,7	1	4±0,1	16,5	0,6	4±0,2	15,0	0,6
Маса 1000 зерен, г	46,9±0,76	9,4	4,41	41,9±0,3	4,9	2,0	45,4±0,5	4,6	2,1
Показники якості зерна, %: протеїн	12,9±0,15	6,8	0,88	12,6±0,1	7,5	0,9	13,9±0,3	8,4	1,2
крохмаль	68,0±0,17	1,5	1,02	67,8±0,2	2,1	1,4	66,7±0,4	2,1	1,4
клейковина	22,4±0,31	8,0	1,79	21,2±0,2	8,1	1,7	23,9±0,5	8,8	2,1
седиментація Зелені	43,2±1,01	13,7	5,91	41,5±0,1	19,0	7,9	50,4±1,8	14,7	7,4

Примітка: Середній показник ± – середній показник кращих ліній з використанням ярих форм; V,% – коефіцієнт варіації кращих ліній; S – стандартне відхилення кращих ліній.

і.д. Харківська 26 (Україна), Либідь/Волошкава (Flambord, Франція), Siachun 6 (Китай)/Переяславка, та ранньостиглий і.д. Long Mai 19"2/Pastor (Мексика, далі сорт Романівна). Створені лінії протягом двох років досліджень були стійкі до вилягання. Однак висота рослин у 2012 р. варіювала від 82 см до 118 см з незначним коефіцієнтом варіації ($V=8,0\%$) і у 2013 р. від 58 см до 100 см з середнім коефіцієнтом варіації ($V=14,6\%$), відповідно стандарт пшениці озимої Поліська 90 мав висоту 96 см і 72 см. Лінії, створені на основі пшениці ярої, зі значною товщиною стебла і міцністю другого надземного міжвузля, після несприятливої перезимівлі 2013 р. менше уражалися кореневими гнилями та були стійкі до вилягання порівняно з середнім значенням по розсаднику. Найвищу стійкість до вилягання (9 балів) і міцність стебла мали лінії: і.д. TW 21311 (Великобританія) – 1059,0 гс (грам-сила); і.д. MRL/BUC//VEE#7 (Мексика) – 1034,0 гс; і.д. Siachun 6 (Китай) – 1022,0 гс;

і.д. Quattro (Німеччина) – 876,0 гс; і.д. Харківська 26 (Україна) 682 гс. Товщина соломини кращих ліній становила 4,1–4,6 мм. У польових умовах 2013 р. лінії значно уражувалися хворобами. За два роки досліджень середню стійкість проти борошнистої роси мали 14 ліній, септоріозу листків – 6 ліній. Дві лінії мали високу стійкість проти бурої іржі. За комплексною стійкістю проти трьох хвороб кращою була лінія і.д. Cros 1 / AE Squarrosa (205) // Kaus (Мексика). Тому, ця лінія була передана на державну технічно-кваліфікаційну експертизу як сорт Заотар.

На величину маси 1000 зерен істотно впливали біологічні особливості ліній, умови вирощування та ураження грибними хворобами. Визначено кореляційну залежність між урожайністю і зимостійкістю. Коефіцієнт кореляції за роками коливався від позитивної залежності слабкої сили $r = 0,105$ (2012 р.) до позитивної середньої залежності $r = 0,556$ в кон-

трольному росаднику та тісної $r = 0,930$ у попередньому сортовипробуванні (2013 р.).

Слід відмітити, що у несприятливому за погодними умовами 2013 р. маса 1000 зерен знижувалася на п'ять грам порівняно з 2012 р. За два роки досліджень виділили лінії та сорти з високою масою 1000 зерен: і.д. Yaso (Мексика) – 54,2 г, Flambord (Франція)/Миронівська ранньостигла, далі сорт Осяйна – 50,4 г, і.д. Croc 1/ AE Squarrosa (205) // KAUS (Мексика, далі сорт Заотар) – 47,9 г, Long Mai 19*2 / Pastor (Мексика, далі сорт Романівна) – 47,1 г. Маса 1000 зерен мала негативний кореляційний зв'язок до ураження грибними хворобами. На державну технічно-кваліфікаційну експертизу передано лінії з високою масою 1000 зерен Flambord (Франція)/Миронівська ранньостигла, як сорт Осяйна; Croc 1/ AE Squarrosa (205)//KAUS (Мексика) як сорт Заотар; Long Mai 19*2/Pastor (Мексика) як ранньостиглий сорт Романівна.

При вивченні ліній, створених шляхом добору з пшениці ярої та методом гібридизації із залученням термічних мутантів із різним рівнем прояву ознак продуктивності і адаптивності встановлено, що остання значно впливає на показники врожайності зерна. Середня врожайність кращих ліній 2012 р. становила $4,72 \pm 0,10$ т/га з варіюванням від 4,06 т/га до 6,12 т/га. За несприятливих чинників навколишнього середовища 2013 р. врожайність значно знизилася і сягала $2,03 \pm 0,06$ з варіюванням від 1,27 т/га до 3,10 т/га. Відповідно, врожайність стандарту пшениці озимої Поліська 90 становила 3,34 т/га і 1,20 т/га. За два роки досліджень урожайність 20 кращих ліній сягала $2,77 \pm 0,13$ з середнім рівнем варіювання ($V=18,7\%$). Виділені лінії зі значним адаптивним потенціалом і врожайністю: Calusro /3/ F94714G-RB/135U3-1//135U3-101RO, Spartanka//CHUL/CHUM 18, Дарниця // NINY8319/KAUS, Либідь/Святкова, Землероб (TW 2131/M64-192), Заотар (Croc 1 / AE Squarrosa (205)//KAUS), і.д. Majes 1, Романівна (Long Mai 19*2/Pastor), і.д. BT-2288, Волошкова /5/ JCAM/EMU//DOVE|3|IGR|4|THK, Taro/Крижинка, Либідь/Волошкова. Кращі сорти і лінії за показниками якості: і.д. BT-2288, Романівна (LONG MAI 19*2/Pastor), Осяйна (Flambord/Миронівська ранньостигла), Заотар (CROC 1| AE SQUARROSA (205)||KAUS), Spartanka//CHUL/CHUM 18. Встановлено у кращих 15 ліній контрольного розсадника за два роки досліджень негативний із слабкою залежністю кореляційний зв'язок між «урожай-

ністю» і «вмістом протеїну» ($r=-0,204$), «урожайністю» і «вмістом сирової клейковини» ($r=-0,272$), «урожайністю» і «седиментацією» ($r=-0,252$), однак «урожайністю» і «зимостійкістю» – середній рівень залежності ($r=0,374$).

За 2012–2013 рр. досліджень п'ять ліній попереднього сортовипробування, створені методом термічного мутагенезу і гібридизації із залученням термічних мутантів, мали урожайність 2,84–4,61 т/га. За показниками якості виділено лінію з попереднього сортовипробування Еритроспермум 141-13 SG-U-7067/M64-192, яка в середньому за два роки досліджень мала врожайність 2,84 т/га, вміст протеїну 15,2%, крохмалю 65,4%, клейковини 27,1%, седиментації 60,4%. Відповідно, у стандарту пшениці озимої Поліська 90 урожайність зерна 2,27 т/га, вміст протеїну становив 13,8%, крохмалю 67,5%, клейковини 23,9%, седиментації 47,5%. Варіація показників якості цієї лінії за підживлення її азотними добривами і без підживлення була незначною. Це вказує на високий рівень спадковості у лінії SG-U-7067/M64-192 щодо якісних параметрів, оскільки розбіжність у показниках якості невелика.

Отже, ранньостиглий сорт **Романівна** створено методом індивідуального добору з гібридної комбінації за сівби зразка пшениці ярої Long MAI 19*2 / Pastor мексиканського походження під зиму. Колекційний зразок пшениці ярої Long Mai 19*2 / Pastor після 80-денної яровизації і висадки навесні у першому поколінні та пересіву у 2013 несприятливому році у четвертому поколінні вже з 2015 р. передано на державну технічно-кваліфікаційну експертизу як ранньостиглий сорт пшениці озимої Романівна. Сорт стійкий до снігової плісняви. Має високу стійкість до вилягання. У несприятливий за погодними умовами 2013 р. маса 1000 зерен у деяких зразків знижувалася на 5 г. Однак, маса 1000 зерен сорту Романівна була високою та становила 47,1 г. За результатами оцінювання польової стійкості до фітофагів сорт пшениці озимої м'якої Романівна проявив високу стійкість (бал стійкості 9-8) до кількох шкідників (злакової попелиці та пшеничного трипса). У лабораторних умовах було проаналізовано вплив алельного стану гена *Lr34/Yr18/Pm38* на стійкість проти хвороб у сортів пшениці озимої. Встановлено, що до 1-ої групи зі стійким алельним станом гена (умовно – *Lr34+*) відносяться сорт пшениці озимої Романівна. У несприятливі роки сорт мав значний адаптивний потенціал і врожайність та був кращим за показниками якості. Внесений

у Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні на 2018 р.

Сорт Осаяна створений шляхом індивідуального добору з гібридної популяції Flambord (Франція, яра пшениця за сівби під зиму) / Миронівська ранньостигла. Різновидність – суберитроспермум. Колекційний зразок пшениці ярої Flambord після 80-денної яровизації і висадки навесні у першому поколінні вже з третього покоління схрестили з ранньостиглим сортом Миронівська ранньостигла, який створений методом термічного мутагенезу з ярого сорту BT-2288 туніського походження. Сорт Осаяна колоситься на 3-4 дні раніше стандарту Лісова пісня. У несприятливий 2013 р. маса 1000 зерен становила 50,4 г. Має високу стійкість до вилягання. У лабораторних умовах було проаналізовано вплив алельного стану гена *Lr34/Yr18/Pm38* на стійкість проти хвороб у сортів пшениці озимої. Встановлено, що до 1-ої групи зі стійким алельним станом гена (умовно – *Lr34+*) відносяться сорт пшениці озимої Осаяна. Кращий за показниками якості зерна. Внесений у Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні на 2019 р.

Сорт Заотар створено методом індивідуального добору з гібридної комбінації мексиканського походження CROC 1 / AE SQUARROSA (205)//KAUS ярої пшениці за сівби під зиму. Різновидність – еритроспермум. Колекційний зразок ярої пшениці після 80-денної яровизації і висадки весною у першому поколінні та пересіву у 2013 несприятливому році у четвертому поколінні вже з 2016 р. передано на державну технічно-кваліфікаційну експертизу як сорт пшениці озимої Заотар. Має комплексну стійкість проти хвороб (борошнистої роси, бурої іржі). Маса 1000 зерен у несприятливі роки становила 47,9 г. У несприятливі роки сорт мав значний адаптивний потенціал і врожайність та був кращим за показниками якості зерна. Отримано Патент на сорт пшениці озимої Заотар на 2020 р.

Сорт Пирятинка створено методом індивідуального добору з пшениці ярої мексиканського походження VEE#5 / CBRD // BYY /4/ TNU MU / TUI за сівби під зиму. Різновидність лютесценс. Сорт має підвищену зимостійкість. Посухостійкість – висока. Слабка сприйнятливість до ураження борошнистою росю. Висока стійкість до ураження бурюю іржею та помірна сприйнятливість до септоріозу листків. Відмічено високу стійкість до ураження септоріозом колоса та чорноколосицею (оливковою пліснявою).

Стійкий до вилягання, проростання на «пні», осипання. Урожайність за 2016–2020 рр. становила 7,10 т/га та варіювала за роками 3,67–8,59 т/га. Приріст врожайності до стандарту становила +0,09-1,34 т/га. Внесений у Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні на 2021 р.

Сорт Любіто виділений із лінії Еритроспермум 242-13 (індивідуальний добір із пшениці м'якої ярої NEW KEXAN 9*2 / W 175,6 SC 3,3 мексиканського походження за сівби під зиму). Різновидність еритроспермум. Рослина покрита сизим восковим нальотом. Антоціанове забарвлення вушок слабке. Прапорцевий листок невеликий за шириною і довжиною. Сорт середньорослий. Має підвищену зимостійкість. Посухостійкість – висока. Сорт має помірну стійкість до ураження борошнистою росюю з мінливістю ознаки за роками від дуже високої стійкості до слабкої сприйнятливості. Має високу стійкість до ураження бурюю іржею з мінливістю ознаки від дуже високої стійкості до помірної стійкості. Сорт має слабку сприйнятливість до ураження септоріозом листків за роками з мінливістю ознаки від високої стійкості до помірної сприйнятливості. Відмічено високу стійкість до ураження септоріозом колоса та чорноколосицею (оливковою пліснявою). Стійкий до вилягання, проростання на «пні», осипання. Урожайність за 2016–2020 рр. становила 6,72 т/га та варіювала за роками 3,55–8,55 т/га. Внесений у Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні на 2022 р.

Виділено від створення за методом термічного мутагенезу одного батьківського компонента з пшениці ярої шляхом гібридизації з другим батьківським компонентом озимої пшениці **Сорт Землероб**. Сорт створено методом гібридизації: Індивідуальний добір з пшениці м'якої ярої TW 21311 британського походження за сівби під зиму / M 64 – 192 (лінія відібрана на стійкість проти ВЖКЯ). Різновидність лютесценс. Кущ наполовину сланкий. Рослина зелено-сиза з сильним восковим нальотом на піхві листка. Антоціанове забарвлення вушок слабке. Колос має сильний восковий наліт. Сорт середньорослий. Має вищесередню зимостійкість. Посухостійкість – висока. Слабка сприйнятливість до ураження борошнистою росюю. Висока стійкість до ураження бурюю іржею та помірну стійкість до септоріозу листків. Відмічено високу стійкість до ураження септоріозом колоса та чорноколосицею (оливковою пліснявою). Стійкий до вилягання, проростання на «пні»,

осипання. Урожайність за 2016–2020 рр. становила 7,6 т/га та варіювала за роками 4,63–9,04 т/га. Внесений у Державний реєстр сортів рослин придатних для поширення в Україні на 2022 р.

ВИСНОВКИ

Застосування термічного мутагенезу є ефективним методом за створення сортів пшениці озимої з ярої і заслуговує на широке використання в селекційній практиці.

Використання пшениці ярої в гібридному селекційному процесі з сортів і ліній мексиканського,

французького, китайського, німецького походження дало можливість вивести високоврожайні лінії і ранньостиглі сорти пшениці озимої Романівна, Осяйна та середньостиглі Пірятинка, Землероб, Любіто, з продуктивністю 7–8 т/га та високою зимостійкістю (7–8 балів), які внесені у Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні. На сорт Заотар видано патент.

Залучення, в якості джерел ярі форми пшениці, дало можливість отримати покращання якості зерна озимих сортів пшениці з високим вмістом білка та клейковини.

ЛІТЕРАТУРА

1. Буй Д.Д., Пірко Я.В., Блюм Я.Б. Аналіз рівнів експресії генів альфа-тубуліну під час холодової аклімації у ярої та озимої пшениці. *Фактори експериментальної еволюції організмів: Зб. наук. пр.* 2015. Т. 17. С. 27–30.
2. Christov N.K., Imai R., Blume Y.B. Differential expression of two winter wheat alpha-tubulin genes during cold acclimation. *Cell Biol. int.* 2008. 32. P. 574–578.
3. Ridha Farajalla M., Gulick P.J. The alpha-tubulin gene family in wheat (*Triticum aestivum* L.) and differential gene expression during cold acclimation. *genome.* 2007. 50. P. 502–519.
4. Jian L. C., Sun L. H., Liu Z. P. Studies on microtubule cold stability in relation to plant cold hardiness. *Acta Bot. Sinica.* 1989. 31. P. 737–741.
5. Лифенко С.П., Литвиненко М.А. Селекція і генетика пшениці в Україні. Генетика і селекція в Україні на межі тисячоліть. Київ : Логос, 2001. Т. 2. С. 319–338.
6. Ремесло В.Н. Мироновские пшеницы. *Kolos*, 1972. 288 с.
7. Моргун В.В., Логвиненко В.Ф. Мутационная селекция пшеницы. Киев : Наук. думка, 1995. 630 с.
8. Свиначев В.И. К проблеме превращения озимых злаков в яровые и яровых в озимые. *Ботанический журнал.* 1958. Т. 43. № 2. С. 42–45.
9. Дубовий В.І., Коломієць Л.А., Голик Л.М. Селекція на зимостійкість. Селекція, насінництво і технології вирощування зернових колосових культур у лісостепу України. За ред. В. Т. Колючого, В.А. Власенка, Г.Ю. Борсука. Київ: Аграрна наука, 2007. С. 118–136.
10. Голик Л.М. Добір озимих форм з пшениці ярої з використанням понижених температур. Миронівський інститут пшениці імені В.М. Ремесла Національної академії аграрних наук України (1912-2012) /за ред. канд. с.-г. наук В. С. Кочмарського. Миронівка, 2012. С. 200 – 212.
11. Стрілець М.В., Ковалишина Г.М., Голик Л.М. Урожайність нових сортів пшениці м'якої озимої селекції Інституту землеробства НААН. IV Міжнародна науково-практична онлайн-конференція «Інновації в освіті, науці та виробництві». 2020 р.
12. Штакал М.І., Голик Л.М., Левченко О.С., Шпакович І.В., Іващенко С.Ф. Оцінювання сортів і ліній пшениці озимої за стабільною врожайністю та адаптивністю в умовах зміни клімату в Лісостепу. *Вісник аграрної науки.* 2022. Т. 100. Вип. 3. С. 62–69 DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202203-08>.
13. Шпакович І.В., Голик Л.М. Генетичний потенціал видового різноманіття роду *Triticum*. Матеріали X міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених і спеціалістів. с. Центральне, 29 квітня 2022 р. С. 122.
14. Л.Т. Бабаянц, А. Мештерхази, Ф. Вехтер и др. Методы селекции и оценки устойчивости пшеницы и ячменя к болезням в странах-членах СЭВ. Прага, 1988. 312 с.
15. Ремесло В.Н., Шебитченко В.Ю. Вопросы генетики и селекции зерновых культур. Киев : Знание, 1980. Сер. IX. № 12. 48 с.
16. Ремесло В.Н., Шалин Ю.П., Щербатенко А.С., Францевич И.Н., Дверняков В.С., Тимошенко В.М., Пасичный В.В. Использование фототермического воздействия на семена пшеницы для получения исходного материала. *Вестн. с.-х науки.* 1982. № 12. С. 51–57.
17. Авторское свидетельство № 897176. Способ получения исходного материала для селекции озимых злаков. Н. Ремесло, В.Ю. Шебитченко, В.В. Ремесло] Заявка № 2926703 от 14 февраля

1980 г.; Зарегистрир. в Гос. реестре изобретений СССР 14 сентября 1981 г.

18. Голик Л.М., Кириленко В.В., Хоменко С.О., Харченко М.В. Вивчення колекційних сортозразків як вихідного матеріалу в селекції озимої пшениці. *Наук.-техн. бюл. Миронівський інститут пшениці ім. В.М. Ремесла. Київ : Аграрна наука, 2002. Вип. 2. С. 40–46.*

19. Методика державного сортопробування сільськогосподарських культур. під ред. В.В. Волкодава. Київ, 2000. Вип. 1. 100 с.

20. Молоцький М.Я., Васильківський С.П., Князюк В.І., Власенко В.А. Селекція і насінництво сільськогосподарських рослин. Київ: Вища школа, 2006. 462 с.

REFERENCES

- Bui D.D., Pirko Ya.V., Blium Ya.B. (2015). Analiz rivniv ekspresii heniv alfa-tubulinu pid chas kholodovoi aklimatsii u yaroi ta ozymoi pshenytsi. *Fakty eksperymentalnoi evoliutsii orhanizmv: Zb. nauk. pr.*, 17, 27–30 [in Ukrainian].
- Christov N.K., Imai R., Blume Y.B. (2008). Differential expression of two winter wheat alpha-tubulin genes during cold acclimation. *Cell Biol. Int.*, 32, 574–578 [in English].
- Ridha Farajalla M., Gulick P.J. (2007). The alpha-tubulin gene family in wheat (*Triticum aestivum* L.) and differential gene expression during cold acclimation. *Genome*, 50, 502–519 [in English].
- Jian L.C., Sun L., Liu Z.P. (1989). Studies on microtubule cold stability in relation to plant cold hardiness. *Acta Bot. Sinica*, 31, 737–741 [in English].
- Lyfenko S.P., Lytvynenko M.A. (2001). Seleksiia i henetyka pshenytsi v Ukraini. *Henetyka i seleksiia v Ukraini na mezhi tysiacholit*, 2, 319–338 [in Ukrainian].
- Remeslo V.N. (1972). *Myronovskye pshenyts*. 288 p. [in Ukrainian].
- Morhun V.V., Lohvynenko V.F. (1995). *Mutatsyonnaia selektsiia pshenytsy*. K. : Nauk. dumka, 630 p. [in Russian].
- Svynarev V.Y. (1958). K probleme prevrashcheniya ozymykh zlakov v yarovye u yarovykh v ozymye. *Botanicheskiy zhurnal*, 43, 2, 42–45 [in Russian].
- Dubovy I.V., Kolomiiets L.A., Holyk L.M. (2007). Seleksiia na zymostiikist. Seleksiia, nasinnystvo i tekhnologii vyroshchuvannya zernovykh kolosovykh kultur u lisostepu Ukrainy. P. 118–136 [in Ukrainian].
- Holyk L.M. (2012). Dobir ozymykh form z pshenytsi yaroi z vykorystanniam ponyzhenykh temperatur. *Myronivskiy instytut pshenytsi imeni V.M. Remesla Natsionalnoi akademii ahrarykh nauk Ukrainy (1912–2012)*. Myronivka. P. 200 – 212 [in Ukrainian].
- Strilets M.V., Kovalyshyna H.M., Holyk L.M. (2020). Urozhainist novykh sortiv pshenytsi miakoi ozymoi selektsii Instytutu zemlerobstva NAAN. IV Mizhnarodna naukovopraktychna onlain konferentsiia «Innovatsii v osviti, nautsi ta vyrobnytstvi» Do 100-richchia dnia narodzhennia profesora M.A. Bilonozhka. 24-25 lystopada 2020 r. [in Ukrainian].
- Shtakal M.I., Holyk L.M., Levchenko O.S., Shpakovych I.V., Ivashchenko S.F. (2022). Otsiniuvannya sortiv i liniy pshenytsi ozymoi za stabilnoiu vrozhainistiu ta adaptivnistiu v umovakh zminy klimatu Lisostepu. *Visnyk ahrarykh nauk*, 100, 3, 62–69. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202203-08> [in Ukrainian].
- Shpakovych I.V., Holyk L.M. (2022). Henetychnyi potentsial vydovoho riznomanittia rodu *Triticum*. *Materialy X mizhnarodnoi naukovopraktychnoi konferentsii molodykh vchenykh i spetsialistiv «Seleksiia, henetyka ta tekhnologii vyroshchuvannya silskohospodarskykh kultur» s. Tsentralne*, 29 kvitnia 2022 r. P. 122. [in Ukrainian].
- Metody selektsyy u otsenky ustoichyvosty pshenytsy u yachmenia k bolezniam v stranakh-chlenakh SEV. [L.T. Babaiants, A. Meshterkhazy, F. Vekhter y dr.] Praha, 1988. 312 p. [in Russian].
- Remeslo V.N., Shebychenko V.Yu. (1980). *Voprosy henetyky u selektsyy zernovykh kultur*. K. : Znanye. Ser. IKh. № 12. 48 p. [in Russian].
- Remeslo V.N., Shalyn Yu. P., Shcherbatenko A.S., Frantsevych Y.N., Dverniakov V.S., Tymoshenko V.M. (1982). Yspolzovanye fototermycheskogo vozdeistviya na semena pshenytsy dlia polucheniya yskhodnogo selektsyonnoho materyala. *Vestn. s.-kh nauky*, 12, 51–57 [in Russian].
- Avtorskoe svydetelstvo № 897176 (1981). *Sposob polucheniya yskhodnogo materyala dlia selektsyy ozymykh zlakov* [V. Remeslo, V. Yu. Shebychenko, V.V. Remeslo] Zaiavka № 2926703 ot 14 fevralia 1980 h.; Zarehystryr. v Hos. reestre yzobreteniy SSSR 14 sentiabria [in Russian].
- Holyk L.M., Kyrylenko V.V., Khomenko S.O., Kharchenko M.V. (2002). Vyvchennia kolektsiinykh sortozrazkiv yak vykhidnogo materialu v selektsii ozymoi pshenytsi. *Nauk.-tekh. biul. Myronivskiy*

- instytut pszenytsi im. V.M. Remesla. K. : Ahrarna nauka, V. 2. P. 40–46 [in Ukrainian].
19. Metodyka derzhavnoho sortovyprovuvannia silskohospodarskykh kultur. pid red. V.V. Volkodava. 2000. V. 1. 100 p. [in Ukrainian].
20. Molotskyi M.Ya., Vasylykivskyi S.P., Kniazziuk V.I., Vlasenko V.A. (2006). Seleksiia i nasinnytstvo silskohospodarskykh roslyn. K.: Vyshcha shkola, 462 p. [in Ukrainian].

Holyk L. M., Shtakal M. I., Levchenko O. S., Symonenko N. V., Shpakovych I. V.

The importance of creating lines and varieties of winter wheat from spring wheat by the method of thermal mutagenesis

Aim. Justification of the method of thermal mutagenesis for the creation of varieties and lines of winter wheat.

Methods. In order to obtain winter forms from spring wheat, spring wheat varieties were vernalized by the method of thermal mutagenesis. Vernalized seeds were planted in early spring for research (the first stage of studying the action of a physical mutagen). Collected seeds (M1) from spring sowing were sown in autumn (second stage) in the second half of the optimal winter wheat sowing period – September 15–20. The next generations of plants (F3-F5) were sown in optimal terms. Using methods of thermal mutagenesis (individual selection from spring wheat during vernalization and winter sowing), a combination of thermal mutagenesis and hybridization of winter parental components (individual selection from spring wheat during vernalization and winter sowing crossed with a winter variety and vice versa) and the hybridization method (a winter variety crossed with a winter variety) for the importance of creating varieties and lines from spring wheat. **Results.** Using the method of thermal mutagenesis, early-maturing winter wheat varieties Romanivna were created by the method of individual selection from a hybrid combination by sowing the spring wheat sample Long MAI 19" 2 / Pastor of Mexican origin for winter, medium-ripening Zaotar by the method of individual selection from the hybrid combination of Mexican origin CROC 1 | AE SQUARROSA (205) | KAUS spring wheat for winter sowing, Pyryatynka by the method of individual selection from spring wheat of Mexican origin VEE#5 / CBRD // BYY /4/ TNU MU / TUI for winter sowing, Lyubito individual selection from wheat m which spring NEW KEXAN 9*2 / W 175.6 SC 3.3 of Mexican origin for winter sowing. The combination of thermal mutagenesis and hybridization of the winter parental component of the Osyain winter wheat variety by individual selection from the hybrid population Flambord (France, spring wheat for winter sowing) / Myronivska early ripening, Zemlerob by hybridization method: Individual selection from soft spring wheat TW 21311 of British origin according to sowing for the winter / M 64 – 192 (a line selected for resistance against diseases) and many lines that we use in the selection process. The varieties and lines created by this method compete well with the varieties created by the hybridization method Kraevyd, Kesaria Poliska, Vodohray, Myrolyubna, Mokosha, Polisyanka, Namysto, Merezhka, Prestizhna, Rusyava, Fortetsya Poliska, Efektna, Krasunya Poliska. **Conclusions.** The use of thermal mutagenesis is an effective method for breeding winter wheat varieties from spring wheat and deserves wide use in breeding practice. The use of spring wheat in the hybrid selection process from varieties and lines of Mexican, French, Chinese, German origin allowed to breed high-yielding lines and early-ripening varieties of winter wheat Romanivna, Osyaina and medium-ripening Pyryatynka, Zemlerob, Lyubito, with a productivity of 7-8 t/ha and high winter resistance (7-8 points), which are included in the Register of Varieties of Ukraine. A patent has been issued for the Zaotar variety. The use of spring forms of wheat as sources made it possible to improve the grain quality of winter wheat varieties with a high content of protein and gluten.

Key words: spring wheat samples, vernalization, hybridization, individual selection of spring wheat for winter sowing, varieties and lines, winter wheat.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Голик Л.М., кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, ННЦ «Інститут землеробства НААН», e-mail: holykselektioner@gmail.com, тел. 0672701209, ORCID: 0000-0002-7157-6520.

e-mail: shtakal@i.ua, тел. 0971171305, ORCID: 0000-0002-9511-0290.

Штакал М.І., доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, ННЦ «ІЗ НААН»,

Левченко О.С., доктор філософії, ННЦ «ІЗ НААН», e-mail: feniks1213@gmail.com, тел. 0959070254, ORCID: 0000-0003-1639-326X.

Симоненко Н.В., ННЦ «ІЗ НААН», e-mail: ninaskoryk2@ukr.net, тел. 0675201275, ORCID: 0000-0001-9327-5828.

Шпакович І.В., аспірант, НУБіП, e-mail: irunashpakovich@gmail.com, тел. 09853339001, ORCID: 0000-0003-2595-4620.

Holyk L.M., Candidate of agriculture science, senior scientist, NSC «Institute of Agriculture NAAS», e-mail: holyk-selektioner@gmail.com, ph. 0672701209, ORCID: 0000-0002-7157-6520.

Levchenko O.S., Doctor of Philosophy, NSC «Institute of Agriculture NAAS», e-mail: feniks1213@gmail.com, ph. 0959070254, ORCID: 0000-0003-1639-326X.

Shtakal M.I., Doctor of Agricultural Sciences, Senior Research Fellow, NSC «Institute of Agriculture NAAS», e-mail: shtakal@i.ua, ph. 0971171305, ORCID: 0000-0002-9511-0290.

Symonenko N.V., NSC «Institute of Agriculture NAAS», e-mail: ninaskoryk2@ukr.net, ph. 0675201275, ORCID: 0000-0001-9327-5828.

Shpakovych I.V., postgraduate student, NULES, e-mail: irunashpakovich@gmail.com, ph. 09853339001, ORCID: 0000-0003-2595-4620.

Надійшла 21.07.2023

ВПЛИВ БАЗОВОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ ЛІНІЙ БАГАТОРОСТКОВИХ ЗАПИЛЮВАЧІВ НА ПРОДУКТИВНИЙ ПОТЕНЦІАЛ ГІБРИДІВ БУРЯКІВ ЦУКРОВИХ НА ЦИТОПЛАЗМАТИЧНИЙ ЧОЛОВІЧО-СТЕРИЛЬНІЙ ОСНОВІ

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

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

Мета. Створення комбінаційноздатних ліній-запилювачів буряків цукрових та встановлення впливу рівня їх базової продуктивності на продуктивність гібридів на ЦЧС основі. **Методи.** Полевий (закладання дослідів, фенологічні спостереження і обліки), лабораторний (визначення вмісту цукру), вимірально-ваговий (визначення структури врожаю), статистичний (математична обробка отриманих результатів досліджень). **Результати.** За результатами досліджень виділено три кращі за гібридаційним потенціалом популяції буряків цукрових (Ум. 1705/15, Ум.76/27, Ум.15Ф/9). Найвищі відсотки середньо- і високопродуктивних ліній було отримано за використання як вихідного матеріалу популяції буряків цукрових урожайного (Ум.15Ф/9) і урожайно-цукристого (Ум.1705/15) напрямів продуктивності. Установлено, істотний вплив напрямів продуктивності вихідних популяцій, задіяних у формуванні ліній багаторосткових запилювачів на кінцеву продуктивність гібридів на ЦЧС основі. Найвищою продуктивністю характеризувалися гібриди отримані на базі ліній, створених із використанням вихідних популяцій урожайно-цукристого і урожайного напрямів продуктивності. За збором цукру з одиниці площі вони перевищували груповий стандарт на 15,5–17,5 %. **Висновки.** Установлено, що формування високопродуктивних гібридів буряків цукрових на ЦЧС основі добір ліній багаторосткових запилювачів, як батьківських компонентів, необхідно вести комплексно за комбінаційною здатністю та рівнем їх базової продуктивності. Базова продуктивність багаторосткових запилювачів має істотний вплив на продуктивність гібридів. Найбільш високопродуктивні гібриди на ЦЧС основі отримано за використання як батьківський компонент комбінаційноздатних, середньо- і високопродуктивних ліній багаторосткових запилювачів буряків цукрових.

Ключові слова: багаторостковий запилювач, комбінаційна здатність, гетерозис, продуктивність, урожайність, вміст цукру, збір цукру.

Вступ. На сучасному етапі розвитку виробництва цукру поряд з агротехнічними заходами, спрямованими на підвищення продуктивності буряків цукрових, вагоме місце займають селекційно-генетичні шляхи з розроблення і використання нових, а також удосконалення існуючих методів поліпшення компонентів гібридизації та створення гібридів буряків цукрових на ЦЧС основі, які були б конкурентоспроможними як на вітчизняному, так і світовому ринках [1; 2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. За нинішніх тенденцій зростання вартості енергозатрат на одиницю виробленої продукції, особливо важлива роль відводиться селекції, яка наразі є найдешевшим, найрезультативнішим та екологічно-чистим чинником зростання виробництва. Її головною функцією є

створення нових високопродуктивних сортів і гібридів сільськогосподарських культур для збільшення обсягів виробництва та поліпшення якості отриманої продукції [3; 4].

Одним з економічно найдоцільніших шляхів вирішення цього завдання методів є використання в практичних цілях явища гетерозису [5]. Подальше підвищення врожайності буряків цукрових та поліпшення якості цукросировини методами гетерозисної селекції можливе лише за створення і впровадження у виробництво високопродуктивних гібридів на ЦЧС основі [6–8].

Ефективність селекційної роботи, насамперед, обумовлена наявністю різноманіття комбінаційноздатних ліній-закріплювачів стерильності (ліній

О-типу), їх аналогів з ЦЧС і багаторосткових запилювачів, як батьківських компонентів майбутніх гібридів [5; 9]. Вирішення цього завдання сприятиме підвищенню інтенсивності та результативності селекційного процесу, розширенню і збагаченню вітчизняного генофонду вихідного матеріалу й покращанню його генетичного потенціалу [10; 11].

За створення високопродуктивних гібридів буряків цукрових особливу увагу необхідно звертати на проблему одночасного поєднання у генотипі рослини високої врожайності та цукристості зі зниженим вмістом у коренеплодах речовин, що зумовлюють підвищені втрати цукру в мелясі [12; 13]. Тому, особливо важливим у селекції буряків цукрових є правильний добір компонентів схрещування, що забезпечить високий рівень гетерозису в гібридів першого покоління.

У традиційній селекції буряків цукрових на гетерозис основною проблемою, яка ще довго буде зберігати свою актуальність, є створення цінних за рядом селекційно-генетичних і господарських ознак батьківських компонентів гібридів на ЦЧС основі. До недавнього часу панувала думка, що продуктивність гібридів на стерильній основі визначає переважно селекційна цінність материнської форми: її комбінаційна здатність, роздільноплідність, рівень стерильності, стійкість до хвороб і т.д. Однак, як свідчить практика, вагому роль у створенні високопродуктивних гібридів на ЦЧС основі відіграє і якість багаторосткового запилювача [14; 15].

Тому, основним методом селекції буряків цукрових на гетерозис є постійне залучення у гібридизацію нових ЦЧС ліній та ліній і популяцій багаторосткових запилювачів із метою визначення найбільш комбінаційноцінних компонентів схрещування та високопродуктивних комбінацій [5]. Гетерозисна селекція поєднала в собі низку методів: інбридинг для створення гомозиготних ліній, системи контрольованих схрещувань для оцінки компонентів гібридизації та ідентифікації кращих генотипів, різні форми гібридизації за формування гібридних комбінацій та їх добору, відтворення і впровадження комерційних гібридів на ринок. Цей напрям досліджень вимагає створення, оцінки та добору компонентів схрещування лінійного рівня, що є запорукою стабільного відтворення гібридних комбінацій за продуктивними властивостями та збереження однорідності за біоморфологічними ознаками [15].

Основним методом отримання лінійних матеріалів буряків цукрових є інбридинг. Його значимість очевидна як у теоретичних розробках, так і на практиці. Якщо основою популяційної селекції були різні форми масового та групового доборів, то у гетерозисній селекції базовим є використання ліній, гомозиготних за селектованими ознаками та їх наступна гібридизація [5].

Метод інбридингу дає можливість провести диференціацію складної перехреснозапильної популяції і виділити багато цінних генотипів рослин з ознаками, що мають рецесивну природу. Тому, інбридинг М.І. Вавілов справедливо вважав формотворчим фактором. Цей метод у гетерозисній селекції необхідно застосовувати ще й тому, що вже на перших етапах селекційної роботи елімінуються дефективні і нежиттєздатні рослини, які несуть летальні й напівлетальні гени. Основна перешкода його застосування – дуже погане зав'язування насіння на ізольованих рослинах. Створенню самозапилених ліній перешкоджає система генетичної несумісності, яка притаманна перехреснозапильним культурам, у тому числі й бурякам цукровим [16; 17].

Створення міжлінійних гібридів буряків цукрових наразі гальмується складністю селекції та насінництва інбредних ліній цієї культури. Для достатньої гомозиготизації за господарсько-цінними ознаками переважно вистачає 5–6 поколінь самозапилення, однак кожне покоління самозапилення підвищує прояв інбредної депресії. Лінії стають низькопродуктивними і немає гарантії, що за рахунок лише гібридизаційного потенціалу вони забезпечать високу продуктивність гібридів на ЦЧС основі [16; 18].

Для підвищення результативності досліджень у селекції буряків цукрових необхідний постійний пошук нових та удосконалення існуючих методів і схем ідентифікації, оцінки та добору вихідного матеріалу для формування батьківських компонентів гібридів на ЦЧС основі [10]. Тому, створення ліній багаторосткових запилювачів, встановлення критеріїв їх добору за базовою продуктивністю, репродуктивною здатністю та гібридизаційним потенціалом на різних етапах селекційного процесу є одним з важливих чинників подальшого підвищення продуктивного потенціалу гібридів буряків цукрових.

Метою досліджень було створення комбінаційноздатних ліній-запилювачів буряків цукрових та встановлення впливу рівня їх базової продуктивності на продуктивність гібридів на ЦЧС основі.

Матеріали та методика досліджень. Експериментальні дослідження проводилися на Дослідній станції тютюництва ННЦ «ІЗ НААН» (м. Умань, Черкаська обл.) науковцями лабораторії селекції буряків цукрових впродовж 2010–2022 рр. До польових дослідів залучено 11 диплоїдних багаторосткових популяцій різного генетичного походження, 233 лінії багаторосткових запилювачів та 108 експериментальних гібридів, створених за їх участі. Загальну комбінаційну здатність (ЗКЗ) вихідних популяцій буряків цукрових вивчали методом полікросу. Лінії багаторосткових запилювачів створювали шляхом самозапилення рослин упродовж п'яти поколінь. Для вивчення ЗКЗ створених ліній-запилювачів використовували схрещування за методом топкросу (тестери – чоловічостерильні лінії Ум. ЧС12, Ум. ЧС 73, Ум. ЧС 55). Випробування батьківських форм і отриманих гібридів проводили методом рендомізованих блоків за загальноприйнятою методикою [19]. Елементи продуктивності оцінювали на фоні групового стандарту до якого входило три вітчизняні гібриди буряків цукрових: Злука, Булава, Атлант. Комбінаційну здатність селекційних матеріалів обраховували за методикою В. К. Савченко [20]. Статистичну обробку отриманих результатів досліджень проводили за методикою Б. А. Доспехова [21].

Результати та їх обговорення. Нині вагомим значення набуває селекція, що ґрунтується на переосмисленні і практичному використанні добору з позицій цілісного організму. Тобто, добираються рослини не за окремими ознаками, не окремі гени або

полігени, а цілі генні комплекси – фенотипи, як єдині системи [7].

Першим етапом наших досліджень була оцінка вихідного матеріалу багаторосткових буряків цукрових (11 диплоїдних популяцій) за рівнем загальної комбінаційної здатності (табл. 1).

За врожайністю коренеплодів позитивними ефектами ЗКЗ характеризувалися п'ять, вмістом цукру шість багаторосткових популяцій. За комплексною ознакою «збір цукру» висока ЗКЗ була притаманна тим самим популяціям, що і за врожайністю коренеплодів. Це свідчить про те, що рівень гетерозису за врожайністю коренеплодів є більш високим і його вплив на прояв комплексної ознаки «збір цукру» більш вагомий. За результатами досліджень виділено три кращі за гібридизаційним потенціалом популяції буряків цукрових (Ум.1705/15, Ум.76/27, Ум.15Ф/9), які було включено в подальший селекційний процес.

Для створення комбінаційноздатних ліній багаторосткових запилювачів буряків цукрових окрім високої комбінаційної здатності вихідних популяцій важливу роль відіграє і рівень їх базової продуктивності (табл. 2).

Аналіз результатів досліджень свідчить, що виділені три комбінаційноздатні популяції буряків цукрових істотно різняться між собою за напрямками продуктивності. Популяція Ум.1705/15 характеризується урожайно-цукристим, популяція Ум.76/27 – цукристим, а популяція Ум.15Ф/9 урожайним напрямками продуктивності.

Таблиця 1. Оцінка диплоїдних багаторосткових популяцій буряків цукрових за рівнем загальної комбінаційної здатності, 2010–2012 рр.

№ з/п	Племінне позначення	Ефекти ЗКЗ за:		
		урожайністю коренеплодів	вмістом цукру	збором цукру
1	Ум. БЗ М1/84/15	-3,07	+0,12	-2,59
2	Ум. БЗ 15Ф/9	+4,02	+0,33	+4,19
3	Ум. БЗ 76/27	+3,11	+0,29	+3,27
4	Ум. БЗ 76-17/15	+1,74	+0,21	+1,84
5	Ум. БЗ (1705x1729)-12	-1,53	-0,31	-2,27
6	Ум. БЗ 1710-17/14	+0,51	-0,17	+0,22
7	Ум. БЗ Ул. 7/52-21	-0,51	-0,42	-1,01
8	Ум. БЗ М 080/27	-3,08	-0,32	-2,41
9	Ум. БЗ 1705/15	+3,67	+0,31	+3,91
10	Ум. БЗ 146/21-5	-1,07	-0,29	-1,92
11	Ум. БЗ Ви 105/19	-3,79	+0,25	-3,23
	<i>НІР</i> ₀₅	0,81	0,09	0,21

Таблиця 2. Характеристика кращих за ЗКЗ багаторосткових популяцій буряків цукрових за рівнем базової продуктивності, 2011–2013 рр.

Племінне позначення	Урожайність, т/га	Вміст цукру, %	Збір цукру, т/га	До групового стандарту, %		
				урожайність	вміст цукру	збір цукру
Ум.1705/15	53,2	18,0	9,58	103,5	101,1	104,7
Ум.76/27	47,1	18,8	8,85	91,6	105,6	96,7
Ум.15Ф/9	57,4	17,5	10,05	111,6	98,3	109,8
Груповий стандарт	51,4	17,8	9,15	–	–	–
<i>НІР</i> ₀₅	3,17	0,49	0,52	–	–	–

За результатами індивідуальної поляризації коренеплідів із кожної вихідної популяції буряків цукрових за ознаками «маса коренеплоду» і «вміст цукру» відібрано по 100 шт. кращих коренеплідів «педігрі». На їх основі, шляхом проведення п'яти циклів інбридингу, створено нові лінії багаторосткових запилювачів різної генетичної структури.

Оскільки комбінаційна здатність є спадковою ознакою, а інбридинг методом генотипової диференціації вихідного матеріалу, нами було проведено оцінку створених ліній за рівнем базової продуктивності порівняно з груповим стандартом (табл. 3). Необхідно зазначити, що добір за господарсько-цінними ознаками проводили також і у межах кожного потомства інбредної лінії в процесі її формування. Тобто, для кожного наступного етапу інбридингу добиралися найбільш розвинені та високопродуктивні рослини.

Відомо, що між продуктивністю інбредних ліній та їх комбінаційною здатністю існує не дуже висока, але очевидна позитивна кореляція. Тому, селекція відносно високопродуктивних інбредних ліній є одночасно селекцією на високу комбінаційну здатність.

Аналіз результатів досліджень свідчить, що 76,4% ліній багаторосткових буряків цукрових мали врожайність коренеплідів нижче стандарту, 18,7% за цим показником були на рівні стандарту і лише 4,9% ліній його перевищували.

Таблиця 3. Характеристика ліній багаторосткових запилювачів буряків цукрових за продуктивністю, 2020–2022 рр.

Племінне позначення вихідної популяції	Проаналізовано ліній, шт.	Кількість (%) зразків у порівнянні з груповим стандартом								
		урожайність			вміст цукру			збір цукру		
		нижча	рівна	перевищує	нижчий	рівний	перевищує	нижчий	рівний	перевищує
Ум.1705/15	72	73,6	20,8	5,6	7,0	69,4	23,6	63,9	23,6	12,5
Ум.76/27	84	88,1	10,7	1,2	1,2	72,6	26,2	83,3	11,9	4,8
Ум.15Ф/9	77	67,5	24,6	7,9	29,9	55,8	14,3	61,0	26,0	13,0
Середнє	78	76,4	18,7	4,9	12,7	65,9	21,4	69,4	20,5	10,1

За вмістом цукру, як ознакою що контролюється меншою кількістю полімерних генів, не спостерігалася такого сильного прояву інбредної депресії. Лише 12,7% ліній характеризувалися нижчим вмістом цукру в коренеплодах, а всі інші були на рівні та перевищували стандарт за проявом цієї ознаки.

За комплексною ознакою «збір цукру» 69,4 % ліній багаторосткових буряків цукрових поступалися стандарту, 20,5 % були на рівні стандарту і 10,1 % ліній його перевищували.

Це узагальненні показники, а в розрізі конкретних вихідних популяцій та напрямів їх продуктивності є істотні відхилення від середніх показників. Найвищі відсотки відносно високопродуктивних ліній було отримано за використання як вихідного матеріалу популяцій буряків цукрових урожайного (Ум.15Ф/9) і урожайно-цукристого (Ум.1705/15) напрямів продуктивності.

Для встановлення впливу базової продуктивності ліній багаторосткових буряків цукрових на продуктивність гібридів на ЦЧС основі нами створено 108 експериментальних гібридів із використанням запилювачів різного рівня продуктивності (табл. 4).

Аналіз результатів досліджень свідчить, що найбільш високопродуктивні гібриди буряків цукрових на ЦЧС основі було отримано за використання як батьківських компонентів середньо- і високопродуктивних

Таблиця 4. Продуктивність експериментальних гібридів буряків цукрових, створених за використання ліній багаторосткових запилювачів різного рівня продуктивності, 2020–2022 рр.

Напрямок продуктивності ліній-запилювачів	Проаналізовано гібридів, шт.	Урожайність, т/га	Вміст цукру, %	Збір цукру, т/га	До групового стандарту, %		
					урожайність	вміст цукру	збір цукру
Ум.1705/15							
Низькопродуктивні (81–95% до St)	15	55,6	18,0	10,01	102,2	100,0	102,2
Середньопродуктивні (96–100% до St)	14	61,1	18,0	11,00	112,3	100,0	112,4
Високопродуктивні (101–105% до St)	9	63,2	17,9	11,31	116,2	99,4	115,5
<i>Середнє за гібридами</i>		60,0	18,0	10,77	110,2	99,8	110,0
Ум.76/27							
Низькопродуктивні (81–95% до St)	16	50,6	18,9	9,56	93,0	105,0	97,7
Середньопродуктивні (96–100% до St)	10	54,4	18,7	10,17	100,0	103,9	103,9
Високопродуктивні (101–105% до St)	4	57,1	18,6	10,62	105,0	103,3	108,5
<i>Середнє за гібридами</i>		54,0	18,7	10,12	99,3	104,1	103,4
Ум.15Ф/9							
Низькопродуктивні (81–95% до St)	15	59,1	17,5	10,34	108,6	97,2	105,6
Середньопродуктивні (96–100% до St)	15	64,2	17,4	11,17	118,0	96,7	114,1
Високопродуктивні (101–105% до St)	10	65,7	17,5	11,50	120,8	97,2	117,5
<i>Середнє за гібридами</i>		63,0	17,5	11,00	115,8	97,0	112,4
Груповий стандарт		54,4	18,0	9,79	–	–	–
НІР ₀₅		3,27	0,50	0,52	–	–	–

ліній багаторосткових запилювачів незалежно від їх генетичного походження. У варіантах із низькопродуктивними лініями компенсаційний комплекс генів не зміг забезпечити повного погашення прояву інбредної депресії батьківських компонентів за найбільш важливими господарсько-цінними ознаками у новостворених генотипах.

Також, необхідно зазначити істотний вплив напрямів продуктивності вихідних популяцій, задіяних у формуванні ліній багаторосткових запилювачів на кінцеву продуктивність гібридів на ЦЧС основі. Найбільш високопродуктивні гібриди було отримано на базі ліній, сформованих на основі вихідних популяцій урожайно-цукристого і урожайного напрямів продуктивності. За збором цукру

з одиниці площі вони перевищували груповий стандарт на 15,5–17,5%.

Висновки

За формування високопродуктивних гібридів буряків цукрових на ЦЧС основі добір ліній багаторосткових запилювачів, як батьківських компонентів, необхідно вести комплексно за комбінаційною здатністю та рівнем їх базової продуктивності. Базова продуктивність багаторосткових запилювачів має істотний вплив на продуктивність гібридів. Найбільш високопродуктивні гібриди на ЦЧС основі отримано за використання як батьківський компонент комбінаційноздатних, середньо- і високопродуктивних ліній багаторосткових запилювачів буряків цукрових.

ЛІТЕРАТУРА

1. Роїк М.В., Корнєєва М.О. Напрями, методи та стратегія розвитку селекції цукрових буряків. *Цукрові буряки*. 2015. № 6. С. 7–9.
2. 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.
3. Молоцький М.Я., Васильківський С.П., Князюк В.І., Власенко В.А. Селекція інасінництво сільськогосподарських рослин. Київ: Вища освіта, 2006. 463 с.
4. Роїк М. В. Проблеми становлення й розвитку вітчизняної селекції цукрових буряків. *Цукрові буряки*. 2008. № 6. С. 8–11.
5. Корниенко А.В., Моргун А.В., Труш С.Г. Селекція свеклы нагетерозис (*Beta vulgaris* L.). Воронеж, 2007. 255 с.
6. 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.
7. Роїк М.В., Корнєєва М.О. Селекція буряків цукрових. Спеціальна селекція польових культур/ за ред. М.Я.Молоцького. Біла Церква, 2010. С. 280–285.
8. De Lucchi C., Biancardi E., Skaracis G. et al. Sugar Beet (*Beta vulgaris* ssp. *vulgaris* L.) Improvement with Next-Generation Breeding Technology. *Advances in Plant Breeding Strategies: Vegetable Crops / J.M.Al-Khayri, S.M.Jain, D.V.Johnson (Eds.)*. Cham: Springer, 2021. P. 305–343. DOI: 10.1007/978-3-030-66965-2_8.
9. Чекалін М.М., Тищенко В.М., Баташова М.Є. Селекція та генетика окремих культур. Полтава, 2008. 368 с.
10. Роїк М.В., Присяжнюк О.І., Кононюк Н.О., Кулик О.Г. Особливості формування продуктивності гібридів буряків цукрових вітчизняної селекції. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2020. № 16(3). С.277–283. DOI:10.21498/2518-1017.16.3.2020.214929.
11. FreseL., DesprezB., ZieglerD. 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, 2001. P.295–309. DOI: 10.1079/9780851994116.0295.
12. Дубчак О.В., Андрєєва Л.С., Вакуленко П.І., Паламарчук Л.Ю. Створення гібридів цукрових буряків нового покоління. *Агробіологія*, 2021. № 1. С. 32–40. DOI: 10.33245/2310-9270-2021-163-1-32-40.
13. McGrath J.M., PanellaL. Sugar Beet Breeding. *Plant Breeding Reviews / I.Goldman (Ed)*. 2018, 42, 167–218. DOI: 10.1002/9781119521358.ch5.
14. Корнєєва М.О., Ермантраут Е.Р. Добір селекційних матеріалів для гетерозисної селекції за комплексом господарсько-цінних ознак. *Збірник наукових праць ІЦБ УААН*, 2007. Вип.9. С. 164–171.
15. Richardson K. Traditional Breeding in Sugar Beet. *Sugar Tech.* 2010. V. 12 (3–4). P.181–186. DOI:10.1007/s12355-010-0050-4.
16. Балков И.Я. Селекция сахарной свеклы нагетерозис. Москва: Россельхозиздат, 1978. С. 42–46.
17. Корнєєва М.О., Власюк М.В. Інбридинг і якість пилюк запилювачів цукрових буряків різного ступеня гетерозиготності. *Збірник наукових праць Інституту цукрових буряків УААН*. 2005. Вип. 8. С. 67–80.
18. BiancardiE., CampbellL., SkaracisG., BiaggiM. Genetics and Breeding of Sugar Beet. Science Publishers Inc. Enfield, New Hampshire, 2005. P. 173–206. DOI: 10.1201/9781482280296.
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. 374 с.
20. Савченко В.К. Многоцелевой метод количественной оценки комбинационной способности вселекции нагетерозис. *Генетика*. 1978. Т.14. № 5. С. 793–804.
21. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследований. Москва: Агропромиздат, 1985. 351с.

REFERENCES

1. Roik M.V., Korneeva M.O. (2015). Napryamy, metody ta stratehiya rozvytku selektsiyi tsukrovykh buryakiv [Directions, methods and strategy of development of sugar beet selection]. *Tsukrovi buryaky – Sugar beets*, 6, 7–9 [in Ukrainian].
2. Zubenko V.F., Roik M.V., Ivashchenko O.O., Gizbulin N.G. (2007). Buryakivnytstvo. Problemy intensyfikatsiyi ta resursozberezhennya [Beet growing. Problems of intensification and resource conservation]. V.F. Zubenko (Ed.). Kyiv: Alfa-stevia LTD. 486 p. [in Ukrainian].

3. Molotskyi M.Ya., Vasylykivskyi S.P., Knyaziuk V.I., Vlasenko V.A. (2006). Seleksiya i nasinnystvo silskohospodarskykh roslyn [Breeding and seed production of agricultural plants]. Kyiv: Vyshcha osvita. 463 p. [in Ukrainian].
4. Royik, M.V. (2008). Problems of formation and development of domestic breeding of sugar beet. *Tsukrovi buryaky – Sugar beets*, 6, 8–11 [in Ukrainian].
5. Korniyenko 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].
6. 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].
7. Roik M.V., Korneeva M.O. (2010). Seleksiya buryakiv tsukrovykh [Selection of sugar beets]. In M.Ya. Molotskyi (Ed.). *Special selection of field crops*. Bila Tserkva. P. 280–285 [in Ukrainian].
8. De Lucchi C., Biancardi E., Skaracis G. et al. (2021). Sugar Beet (*Beta vulgaris ssp. vulgaris* L.) Improvement with Next-Generation Breeding Technology. In J.M. Al-Khayri, S.M. Jain, D.V. Johnson (Eds). *Advances in Plant Breeding Strategies: Vegetable Crops*. (pp. 305–343). Cham: Springer. DOI:10.1007/978-3-030-66965-2_8 [in English].
9. Chekalin M.M., Tyshchenko V.M., Batashova M.Ye. (2008). Seleksiya ta henetyka okremykh kultur [Selection and genetics of individual cultures]. Poltava. 368 p. [in Ukrainian].
10. Roik M.V., Prisyazhnyuk O. I., Kononiuk N. O., Kulik O. H. (2020). Features of formation of productivity of sugar beets hybrids of domestic breeding. *Plant Varieties Studying and Protection*, 16 (3), 277–283. DOI: 10.21498/2518-1017.16.3.2020.214929 [in English].
11. 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].
12. Dubchak O., Andreyeva L., Vakulenko P., Palamarchuk L. (2021). Creation of new generation sugar beet hybrids. *Agrobiologiya*, 1, 32–40. DOI: 10.33245/2310-9270-2021-163-1-32-40 [in Ukrainian].
13. McGrath J.M., Panella L. (2018). Sugar Beet Breeding. In I. Goldman (Ed.), *Plant Breeding Reviews*, 42, 167–218. DOI: 10.1002/9781119521358.ch5 [in English].
14. Korneeva M.O., Ermantraut E.R. (2007). Dobir selektsiynykh materialiv dlya heterozysnoyi selektsiyi za kompleksom hospodarsko-tsinnykh oznak [Selection of breeding materials for heterosis selection based on a complex of economic and valuable traits]. *Zbirnyk naukovykh prats ITSB UAAN – Collection of scientific works of the ISB of UAAS*, 9, 164–171 [in Ukrainian].
15. Richardson K. (2010). Traditional Breeding in Sugar Beet. *Sugar Tech*, 12(3–4), 181–186. DOI:10.1007/s12355-010-0050-4 [in English].
16. Balkov I.Ya. (1978). Seleksiya sakharnoy svekly na geterozis [Sugar beet breeding for heterosis]. Moskva: Rosselkhozizdat. P. 42–46 [in Russian].
17. Korneeva M.O., Vlasiuk M.V. (2005). Inbriding i yakist hylky zapylyuvachiv tsukrovykh buryakiv riznogo stupenya heterozygotnosti [Inbreeding and pollen quality of sugar beet pollinators of different degrees of heterozygosity]. *Collection of scientific works of the ISB of UAAS – Zbirnyk naukovykh prats ITSB UAAN*, 8, 67–80 [in Ukrainian].
18. Biancardi E., Campbell L., Skaracis G., Biaggi M. (2005). Genetics and Breeding of Sugar Beet. Science Publishers Inc. Enfield, New Hampshire. P.173–206. DOI: 10.1201/9781482280296 [in English].
19. Roik M.V., Gizbullin N.G., Sinchenko V.M., Prisyazhnyuk O.I. et al. (2014). Metodyky provedennia doslidzhen u buriakivnytvstvi [Methods of research in beet growing]. M.V. Roik, N.G. Gizbullin (Eds.) Kyiv: FOP Korzun D.Yu., 374 p. [in Ukrainian].
20. Savchenko V.K. (1978). Multipurpose method for quantitative assessment of combination ability in selection for heterosis. *Henetyka –Genetics*, 14 (5), 793–804 [in Russian].
21. Dospekhov B.A. (1985). Metodyka polevoho opyta s osnovamy statystycheskoy obrabotky rezultatov yssledovanny [Methods of field experience with the basics of statistical processing of research results]. Moscow: Agropromizdat, 351 p. [in Russian].

Trush S.H., Parfenyuk O.O., Balanyuk L.O., Tatarchuk V.M.

The influence of the basic productivity of multi-sprout pollinator lines on the productive potential of sugar beet hybrids on a CMS basis

Aim. Creation of combination-capable pollinator lines of sugar beets and establishment of the influence of their basic productivity level on the productivity of hybrids on a CMS based. **Methods.** Field (experiments,

phenological observations), laboratory (determine the sugar content), measuring and weighing (to determine the crop structure), statistical (to process mathematically the achieved results). **Results.** According to the research results, three sugar beet populations with the best hybridization potential were selected (Um.1705/15, Um.76/27, Um.15F/9). The highest percentages of medium- and high-yielding lines were obtained by using sugar beet populations of high yield (Um.15F/9) and high yield-sugar (Um.1705/15) production directions as source material. It has been established that the directions of productivity of the original populations involved in the formation of lines of multi-sprout pollinators have a significant effect on the final productivity of hybrids based on a CMS. The highest productivity was characterized by hybrids obtained on the basis of lines created using the initial populations of yield-sugar and yield directions of productivity. In terms of sugar collection per unit area, they exceeded the group standard by 15.5–17.5%. **Conclusions.** It was established that the formation of high-yielding sugar beet hybrids on the basis of CMS, the selection of lines of multi-sprout pollinators, as parental components, must be carried out comprehensively according to their combining ability and the level of their basic productivity. The basic performance of multi-sprout pollinators has a significant effect on the performance of hybrids. The most highly productive hybrids on the basis of CMS were obtained by using as a parent component combination-capable, medium and high-yielding lines of multi-sprout pollinators of sugar beets.

Key words: multi-sprout pollinator, combining ability, heterosis, productivity, yield, sugar content, sugar collection.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

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

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

Trush S.G., 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.

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

Баланюк Л.О., завідувач лабораторії селекції буряків цукрових, Дослідна станція тютюництва ННЦ «Інститут землеробства НААН», e-mail: balaniuk@ukr.net, ORCID:0000-0002-8270-7752.

Татарчук В. М., науковий співробітник лабораторії селекції буряків цукрових, Дослідна станція тютюництва ННЦ «Інститут землеробства НААН», e-mail: vm.tatarchuk@ukr.net, ORCID: 0000-0002-3709-3234.

Balaniuk L.O., Head of the sugar beet selection laboratory, Tobacco Research Station of the NSC «Institute of Agriculture of NAAS», e-mail: balaniuk@ukr.net, ORCID: 0000-0002-8270-7752.

Tatarchuk V.M., Researcher of the laboratory of sugar beet selection, Tobacco Research Station of the NSC «Institute of Agriculture of NAAS», e-mail: vm.tatarchuk@ukr.net, ORCID: 0000-0002-3709-3234.

Надійшла 21.09.2023

КОМБІНАЦІЙНА ЗДАТНІСТЬ СЕРЕДНЬОСТИГЛИХ ЛІНІЙ ПОМІДОРА З ПІДВИЩЕНИМ УМІСТОМ ЛІКОПЕНУ В ПЛОДАХ

Л.А. Рудас

(с. Холоднянське, Черкаська обл., Україна)

Мета. Визначити загальну (ЗКЗ) і специфічну (СКЗ) комбінаційну здатність новостворених середньостиглих ліній помідора методом тестерних схрещувань і виділити кращі для створення високогетерозисних гібридів і сортів. **Методи.** Польовий, лабораторний, генетичний, математико-статистичний. **Результати.** За ознакою тривалість періоду «сходи–достигання» високу ЗКЗ мала лінія №535 (мінус 2,37). Її можна використовувати в гетерозисній селекції. У цій групі не встановлено ліній із високими значеннями СКЗ, але лінії №524 і №525 можна використовувати для створення сортів. За ознакою товарної продуктивності високі достовірні позитивні ефекти ЗКЗ за два роки досліджень мали лінія №542 (0,78 і 0,23), у 2019 р. – №543, №541 відповідно, 0,41 і 0,20, у 2020 р. – №544 (0,15). Вони можуть бути цінним вихідним матеріалом для гетерозисної селекції. Високі значення СКЗ за два роки досліджень мали лінії №525 (0,07 і 0,20), №544 (0,06 і 0,07), у 2019 р. – №543 (0,25), №535 (0,12), у 2020 р. – №542 (0,05), 541 (0,05), №524 (0,06). Високі достовірні ефекти ЗКЗ за вмістом лікопену у плодах помідора у 2019 р. були у лінії 525 (0,74) і 522 (0,55), у 2020 р. – 524 (2,52) і 542 (4,27). Високі значення СКЗ виявлено у лінії №524 (1,76) та 544 (0,66), у 2020 р. – 517 (30,58), 543 (39,25), 541 (26,43). За вмістом лікопену у плодах лінії №524, №525, №542, №522 можна рекомендувати для створення гетерозисних гібридів, №543, №541 – для створення сортів. **Висновки.** Серед новостворених батьківських компонентів встановлено ліній з високими достовірними значеннями ЗКЗ і СКЗ. Визначено лінії, які можна використовувати для створення гетерозисних гібридів і сортів помідора.

Ключові слова: батьківські компоненти, гібрид, сходи–достигання, товарна продуктивність, тестер.

Вступ. Помідор є економічно важливою овочевою культурою універсального використання. Зростання поширеності вирощування помідорів протягом останніх півстоліття у світі сприяло розширенню площ до величезних масштабів. Загальна світова площа вирощування досягла 5,03 млн га, а загальне виробництво – 180,8 млн т [1].

Аналіз останніх результатів і публікацій. Помідори широко споживаються у сирому та переробленому вигляді, значна частка загальних антиоксидантів (лікопен, вітамін С, фенольні речовини, флавоноїди та β-каротин) сприяють їхньому антиоксидантному ефекту [2]. Лікопен становить понад 80% від загальної кількості каротиноїдів у повністю стиглих червоних плодах. Разом із тим, термічна обробка лише підвищує концентрацію у продуктах переробки. Регулярне споживання достатньої кількості свіжих помідорів або їх продуктів завдяки

біоактивним компонентам запобігає розвитку різних видів раку [3–5].

Висока харчова та економічна цінність помідорів і їх потенційна користь для здоров'я сприяє створенню нового сортименту сортів та гібридів для забезпечення потреб ринку. Пріоритетом є селекційні програми, спрямовані на максимізацію генетичного поліпшення господарсько-цінних ознак у генотипах помідора. Вагоме значення під час планування селекційного процесу має оцінка комбінаційної здатності – це найшвидший спосіб отримання інформації про генетичний потенціал батьківських форм та вплив генів, що є визначальним фактором для ефективності роботи [6–12].

Створення нових сортів помідорів із використанням високопігментних мутацій (*hp*, *hp-2^{dg}*, *B^c*) сприяє збільшенню вмісту каротиноїдів, зокрема, лікопену та флавоноїдів. Гени *hp*, *hp-2^{dg}*, *B^c* надають плодам

темно-червоного забарвлення на стадії досягання, коли в інших сортів плоди ще рожеві, що дає змогу проводити їх збір до повного досягання у свіжому вигляді, коли вони менше псуються під час транспортування [13]. Відмічена особливість гена *B^c* особливо цінна для механізованого збирання, а також для тривалого зберігання плодів, оскільки сорти і лінії з генами лежкості плодів *alc*, *rin* та *nor* не мають достатньо червоного забарвлення [14]. Це сприяє розвитку нового напрямку в селекції помідорів, які мають не тільки поживну цінність, але й тривалий термін зберігання плодів.

Мета досліджень – визначити загальну (ЗКЗ) і специфічну (СКЗ) комбінаційну здатність новостворених середньостиглих ліній помідора методом тестерних схрещувань і виділити кращі для створення високогетерозисних гібридів і сортів.

Матеріали та методика досліджень. Дослідження комбінаційної здатності десяти ліній помідора проводили впродовж 2019–2020 рр. на полях селекційно-насіневої сівозміни у відділі рослинництва Черкаської державної сільськогосподарської дослідної станції ННЦ «ІЗ НААН», що знаходиться у с. Холднисянському Черкаського р-ну.

Методи досліджень: польовий – для встановлення відмінностей між варіантами дослідів; лабораторний – визначення біохімічного складу плодів; генетичний – визначення показників комбінаційної здатності; математико-статистичний – для оцінки достовірності отриманих результатів досліджень. Ґрунт дослідних ділянок – чорнозем типовий малогумусний і чорнозем сильнореґрадований, за гранулометричним складом – середньосуглинковий. Уміст гумусу в орному шарі (за Тюрнімом) – 3%; гідролізованого азоту (за Корнфілдом) – 92 мг/кг ґрунту; рухомих фосфору (за Чириковим) – 213, калію – 85 мг/кг ґрунту. У 2019 і 2020 рр. обмежувальним фактором для вирощування помідора була відсутність необхідної кількості вологи за високого температурного фону.

Значення гідротермічного коефіцієнта (ГТК) літнього періоду 2019 р. становило 0,39, 2020 – 0,24, що значно менше значень лісостепової зони (1,3–1,0). Упродовж періоду вегетації спостерігали тривалу посуху (липень–вересень), а загалом, кількість опадів, яка була нижчою норми, спостерігали з квітня по вересень. Проведено поверхневий обробіток ґрунту, закриття вологи, внесено мінеральні добрива (нітроамофоска 175 кг/га), передпосадкову культивування, здійснено два міжрядні розпушування,

триразові обробки фунгіцидом Ридоміл голд (2,5 кг/га), Медян екстра (2,5 кг/га), інсектицидом Актара (0,05 кг/га).

Як батьківські компоненти було використано 10 ліній селекції Черкаської ДСГДС, створені за участю середньостиглих сортів СХ 1, СХ 3, СХ 4 та лінії Могіюка 20, носія гена *hp*. Як тестери залучено сорти селекції Інституту овочівництва і баштанництва НААН – Астероїд і Алтай. Визначали комбінаційну здатність створених ліній із підвищеним умістом лікопену в плодах за ознаками: тривалість періоду «сходи–досягання», товарна продуктивність, уміст лікопену в плодах. Повторність дослідів – 3-разова. Метод вирощування розсадний за схемою висаджування дослідних зразків – (110+50)×25 см. Досліди було закладено згідно з методикою однофакторних дослідів в останній декаді травня [15]. Гібридний і вихідний матеріал оцінювали з урахуванням рекомендацій і методичних підходів [16; 17]. Оцінку комбінаційної здатності проводили методом тестерного аналізу за методичними рекомендаціями [18]. Уміст лікопену в плодах визначали за методикою І. К. Муррі [19; 20].

Результати та їх обговорення. Проведений дисперсійний аналіз однофакторного дослідів встановив істотні відмінності ($P < 0,01$) між гібридами за ознаками «тривалість періоду «сходи–досягання», «товарна продуктивність» та «уміст лікопену у плодах». Тому у досліджуваних батьківських компонентів можна очікувати відмінності за показниками загальної і специфічної комбінаційної здатності.

1. Тривалість періоду «сходи–досягання». Нами встановлено, що за час досліджень високу і середню ЗКЗ (у даному випадку – низькі достовірні ефекти ЗКЗ) мала лінія №535 – мінус 1,83 і мінус 2,37. Середні значення ефектів ЗКЗ у 2019 р. були лінії №524 (мінус 2,68), №521 (мінус 2,18), №535 (мінус 1,83), у 2020 р. – №522 (мінус 1,2), №525 (мінус 0,72), №542 (мінус 0,52) і №544 (мінус 0,52) (табл. 1).

Також у цій групі не встановлено ліній із високими (від’ємними значеннями СКЗ). Середні значення СКЗ за два роки досліджень мали лінії №517 (5,22 і 0,01), у 2019 р. – № 541 (0,14), №524 (0,01), у 2020 р. – №522 (0,17), №525 (0,17), №535 (0,25).

2. Товарна продуктивність. Під час визначення комбінаційної здатності за ознакою товарної продуктивності встановлено, що високі достовірні позитивні ефекти ЗКЗ за два роки досліджень мали лінії №542 (0,78 і 0,23), у 2019 р. – №543, №541 відповідно, 0,41 і 0,20, у 2020 р. – лінії №544 (0,15) (табл. 2).

Таблиця 1. Оцінка ефектів ЗКЗ і варіанс СКЗ (тривалість періоду «сходи–достигання»)

Лінії	Роки	Тестери		g _i	s _i		σ ² _{si}
		Астероїд	Алтей		Астероїд	Алтей	
517	2019	101,3	104,0	- 0,68	- 1,62	1,62	5,22
	2020	102,3	102,7	1,63*	- 0,05	0,05	0,01
521	2019	98,0	104,3	- 2,18	- 3,42	3,41	23,32
	2020	100,3	104,7	1,63*	- 2,05	2,05	8,45
522	2019	107,0	97,7	- 0,98	4,38	- 4,38	38,46*
	2020	100,0	99,7	- 1,02	0,30	- 0,30	0,17
524	2019	101,0	100,3	- 2,68	0,08	- 0,09	0,01
	2020	100,3	102,3	0,43	- 0,86	0,85	1,46
525	2019	112,7	104,7	5,37*	3,74	- 3,73	27,90*
	2020	100,3	100,0	- 0,72	0,30	- 0,30	0,17
535	2019	108,0	95,0	- 1,83	6,23	- 6,24	77,75*
	2020	98,0	99,0	- 2,37*	- 0,35	0,35	0,25
541	2019	106,0	106,0	2,67	- 0,27	0,27	0,14
	2020	100,3	102,0	0,28	- 0,70	0,70	0,99
542	2019	100,0	110,7	2,02	- 5,62	5,62	63,06*
	2020	102,7	98,0	- 0,52	2,50	- 2,50	12,45
543	2019	100,3	105,7	- 0,33	- 2,97	2,97	17,58
	2020	102,3	101,7	1,13*	0,45	- 0,45	0,40
544	2019	101,7	102,3	- 1,33	- 0,57	0,57	0,64
	2020	100,7	100,0	- 0,52	0,50	- 0,50	0,49
НІР ₀₅	2019			3,47			
	2020			1,08			
σ ² _{si cep.}	2019						25,41
	2020						2,48

Примітка. *Результати достовірні на рівні довірчої імовірності 0,95.

Вони можуть бути цінним вихідним матеріалом для гетерозисної селекції. Середні значення ефектів ЗКЗ у 2019 р. мали лінії 524 (мінус 0,13) та 521 (0,02), у 2020 р. – 525 (0,02) і 543 (0,06). Використання їх у селекційному процесі буде залежати від значення СКЗ.

З метою виявлення ліній із високою СКЗ для кожної батьківської форми нами обраховано варіансу для порівняння з загальною середньою величиною. Встановлено, що високе значення СКЗ за два роки досліджень мали лінії № 525 (0,07 і 0,20), №544 (0,06 і 0,07), у 2019 р. – лінії №543 (0,25), №535 (0,12), у 2020 р. – лінії №542 (0,05), №541 (0,05), №524 (0,06). У перерахованих вище ліній варіанси за В.І. Griffing вище порівняно із середніми в досліді.

3. Вміст лікопену у плодах. Високе (достовірні позитивні оцінки ефектів) значення ЗКЗ за вмістом

лікопену у плодах помідора у 2019 р. мали лінії №525 (0,74) і №522 (0,55), у 2020 р. – №524 (2,52) і №542 (4,27). Лінії №543 (0,25), №541 (0,11), №542 (0,03) мали середні значення ефектів ЗКЗ (табл. 3).

Високі значення СКЗ мали лінії №524 (1,76) та №544 (0,66), у 2020 р. – №517 (30,58), №543 (39,25), №541 (26,43). Близькі до високих значення СКЗ у 2019 р. ліній №525 (0,33), №535 (0,32), у 2020 р. – №542 (13,16), №524 (13,11).

Отже, встановлено, що за ознакою тривалість періоду «сходи–достигання» високу ЗКЗ (у цьому випадку – низькі достовірні ефектів ЗКЗ) мала лінія №535. Середні значення ефектів ЗКЗ у 2019 р. мали №524 (мінус 2,68), №521 (мінус 2,18), №535 (мінус 1,83), у 2020 – №522 (мінус 1,2), №525 (мінус 0,72), №542 (мінус 0,52) і №544 (мінус 0,52). У цій групі не встановлено ліній із високими (від’ємними

Таблиця 2. Оцінка ефектів ЗКЗ і варіанс СКЗ (товарна продуктивність)

Лінії	Роки	Тестери		g _i	s _i		σ ² _{si}
		Астероїд	Алтей		Астероїд	Алтей	
517	2019	1,0	1,1	-0,19*	-0,13	0,13	0,04
	2020	0,8	0,7	-0,05	0,08	-0,08	0,01
521	2019	1,4	1,1	0,02	0,05	-0,05	0,01
	2020	0,6	0,7	-0,15	-0,01	0,01	0,00
522	2019	1,0	0,7	-0,38*	0,04	-0,04	0,00
	2020	0,7	0,8	-0,04	-0,05	0,05	0,01
524	2019	1,3	0,9	-0,13	0,15	-0,15	0,05
	2020	0,6	1,0	-0,04	-0,17	0,17	0,06*
525	2019	0,9	1,1	-0,26*	-0,19	0,19	0,07*
	2020	1,1	0,5	0,02	0,32	-0,32	0,20*
535	2019	0,8	1,2	-0,22*	-0,25	0,25	0,12*
	2020	0,8	0,7	-0,07	0,01	-0,01	0,0
541	2019	1,7	1,2	0,20*	0,15	-0,15	0,05
	2020	0,8	0,6	-0,12	0,15	-0,15	0,05*
542	2019	2,1	1,9	0,78*	0,01	-0,01	0,00
	2020	0,9	1,2	0,23*	-0,16	0,16	0,05*
543	2019	2,1	1,2	0,41*	0,36	-0,36	0,25*
	2020	0,9	0,9	0,06	0,03	-0,03	0,00
544	2019	0,9	1,1	-0,22	-0,18	0,18	0,06*
	2020	0,8	1,2	0,15*	-0,19	0,19	0,07*
HP ₀₅	2019			0,18			
	2020			0,15			
σ ² _{si сеп.}	2019						0,06
	2020						0,04

Примітка. *Результати достовірні на рівні довірчої імовірності 0,95.

значеннями СКЗ). Середні значення СКЗ за два роки досліджень мали лінії №517 (5,22 і 0,01), у 2019 р. – № 541 (0,14), №524 (0,01), у 2020 р. – №522 (0,17), №525 (0,17), №535 (0,25). Лінію №535 можна використовувати в гетерозисній селекції, №524 і №525 – під час створення сортів.

За ознакою товарної продуктивності високі достовірні позитивні ефекти ЗКЗ за два роки досліджень мали лінії №542 (0,78 і 0,23), у 2019 р. – №543 має ще й високе значення СКЗ), №541 відповідно, 0,41 і 0,20, у 2020 р. – №544 (0,15). Вони можуть бути цінним вихідним матеріалом для гетерозисної селекції. Середні значення ефектів ЗКЗ у 2019 р. були лінії 524 (мінус 0,13) та 521 (0,02), у 2020 р. – №525 (0,02) і №543 (0,06). Використання їх у селекційному процесі буде залежати від значення СКЗ. Встановлено, що високе значення СКЗ за два роки досліджень мали

лінії №525 (0,07 і 0,20), №544 (0,06 і 0,07), у 2019 р. – №543 (0,25), №535 (0,12), у 2020 р. – №542 (0,05), 541 (0,05), №524 (0,06).

Високе (достовірні позитивні оцінки ефектів) значення ЗКЗ за вмістом лікопену у плодах помідора у 2019 р. мали лінії 525 (0,74) і 522 (0,55), у 2020 р. – 524 (2,52) і 542 (4,27). Лінії 543 (0,25), 541 (0,11) 542 (0,03) мали середні значення ефектів ЗКЗ.

Високі значення СКЗ мали лінії №524 (1,76) та 544 (0,66), у 2020 р. – 517 (30,58), 543 (39,25), 541 (26,43). Близькі до високих значення СКЗ у 2019 р. ліній 525 (0,33), 535 (0,32), у 2020 р. – 542 (13,16), 524 (13,11). За вмістом лікопену у плодах ліній №524, №525, №542, №522 можна рекомендувати для створення гетерозисних гібридів, №543, №541 – для створення сортів.

Таблиця 3. Оцінка ефектів ЗКЗ і варіанс СКЗ (вміст лікопену у плодах)

Лінії	Роки	Тестери		gi	si		σ^2_{si}
		Астероїд	Алтей		Астероїд	Алтей	
517	2019	4,8	4,4	-0,79*	0,32	-0,32	0,20
	2020	7,9	3,0	-0,80	3,91	-3,91	30,58*
521	2019	5,1	5,7	-0,03	-0,20	0,20	0,08
	2020	2,8	6,1	-1,79	-0,23	0,23	0,11
522	2019	5,6	6,4	0,55*	-0,28	0,28	0,15
	2020	3,2	7,0	-1,14	-0,48	0,48	0,47
524	2019	6,0	4,4	-0,21	0,94	-0,94	1,76*
	2020	4,8	12,7	2,52*	-2,56	2,56	13,11
525	2019	6,4	5,9	0,74*	0,41	-0,41	0,33
	2020	4,0	4,3	-1,77	1,59	-1,59	5,02
535	2019	4,7	5,7	-0,20	-0,40	0,40	0,32
	2020	3,6	7,5	cgh	-0,51	0,51	0,52
541	2019	5,2	5,9	0,11	-0,21	0,21	0,09
	2020	8,1	3,7	-0,37	3,64	-3,64	26,43*
542	2019	5,6	5,3	0,03	0,28	-0,28	0,16
	2020	6,5	14,5	4,27*	-2,57	2,57	13,16
543	2019	5,3	6,1	0,25	-0,29	0,29	0,17
	2020	2,5	14,2	2,13	-4,43	4,43	39,25*
544	2019	4,3	5,6	-0,47*	-0,57	0,57	0,66*
	2020	4,1	3,6	-2,38	1,65	-1,65	5,45
HIP ₀₅	2019			0,43			
	2020			2,52			
$\sigma^2_{si \text{ сеп.}}$	2019						0,39
	2020						13,41

Примітка. *Результати достовірні на рівні довірчої імовірності 0,95.

ВИСНОВКИ

Серед середньостиглих батьківських компонентів за ознакою тривалість періоду «сходи–достигання» високу ЗКЗ (у цьому випадку – низькі достовірні ефекти ЗКЗ) встановлено у лінії №535 (мінус 2,37). Тому лінію №535 можна використовувати в гетерозисній селекції, а лінії №524 і №525 з середніми значеннями ЗКЗ і СКЗ – для створення сортів.

За ознакою товарної продуктивності високі достовірні позитивні ефекти ЗКЗ за два роки досліджень мала лінія №542 (0,78 і 0,23), у 2019 р. – №543, №541 відповідно, 0,41 і 0,20, у 2020 р. – лінія №544 (0,15). Вони можуть бути цінним вихідним матеріалом для гетерозисної селекції. Високе значення СКЗ за два

роки досліджень мали лінії № 525 (0,07 і 0,20), №544 (0,06 і 0,07), у 2019 р. – лінії №543 (0,25), №535 (0,12), у 2020 р. – лінії №542 (0,05), №541 (0,05), №524 (0,06). Вони можуть бути використані для створення сортів.

Високі достовірні значення ЗКЗ за вмістом лікопену у плодах помідора у 2019 р. мали лінії 525 (0,74) і 522 (0,55), у 2020 р. – 524 (2,52) і 542 (4,27). Високі значення СКЗ мали лінії №524 (1,76) та 544 (0,66), у 2020 р. – №517 (30,58), 543 (39,25), 541 (26,43). Близькі до високих значення СКЗ у 2019 р. ліній 525 (0,33), 535 (0,32), у 2020 р. – 542 (13,16), 524 (13,11). За вмістом лікопену у плодах ліній №524, №525, №542, №522 можна рекомендувати для створення гетерозисних гібридів №543, №541 – для створення сортів.

ЛІТЕРАТУРА

1. FAO. The State of the World's Biodiversity for Food and Agriculture. Rome, Italy: FAO, 2019. 572 p. URL: <http://www.fao.org/3/CA3129EN/ca3129en.pdf>.
2. Tilahun S., Seo M.H. & Jeong C.S. Review on factors affecting the quality and antioxidant properties of tomatoes. *African Journal of Biotechnology*.

2017. No. 16 (32). P. 1678–1687. doi.org/10.5897/AJB2017.16054.
3. Teka T.A. Analysis of the effect of maturity stage on the postharvest biochemical quality characteristics of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) fruit. *International Research Journal of Pharmaceutical and Applied Sciences*. 2013. No. 3 (5). P. 180–186.
 4. Moneruzzaman K.M., Hossain A.B. M.S., Sani W. & Saifuddin M. Effect of stages of maturity and ripening conditions on the biochemical characteristics of tomato. *American Journal of Biochemistry and Biotechnology*. 2008. No. 4 (4). P. 336–344.
 5. Tolasa M., Gedamu F. & Woldetsadik K. Impacts of harvesting stages and pre-storage treatments on shelf life and quality of tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *Cogent Food & Agriculture*. 2021. No. 7 (1). 1863620 p. DOI: 10.1080/23311932.2020.1863620.
 6. Aisya S.I., Wahyuni S., Syukur M. & Witono J.R. The estimation of combining ability and heterosis effect for yield and yield components in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) at lowland. *Ekin Journal of crop breeding and genetics*. 2016. No. 2 (1). P. 23–29.
 7. Farzane A., Nemati H., Arouiee H., Kakhki A.M. & Vahdati N. The estimate of combining ability and heterosis for yield and yield components in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Journal of Biological and Environmental Sciences*. 2012. No. 6 (17). P. 129–134.
 8. Akshay A., Dharmatti P.R. & Praveenkumar A. Combining ability studies for productivity related traits in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Asian Journal of Horticulture*. 2012. No. 7 (1). P. 17–20.
 9. Sabry M.K. R.S.A. Heterosis, nature of gene action for yield and its components in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Middle East J*. 2019. No. 8 (4). P. 1040–1053. DOI: 10.36632/mejar/2019.8.4.7.
 10. Izzo A.M., Khojah H. & Murie A.M. Combining ability and heterosis for yield and some fruit traits of tomato. *DYSONA–Applied Science*. 2022. No. 3 (1). P. 15–23. DOI: 10.30493/DAS.2021.295501.
 11. Kathimba F.K., Kimani P.K., Narla R.D. & Kirii-ka L.M. Heterosis and combining ability for related traits in tomato. *African Crop Science Journal*. 2022. No. 30 (s1). P. 109–125. DOI: https://dx.doi.org/10.4314/acsj.v30i1.9S.
 12. Oladokun O.L., Ibirinde D.O., Kolawole A.O. & Aremu C.O. Combining ability for morphological and nutritional traits in a diallel cross of tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *Acta agriculturae Slovenica*. 2022. No. 118 (4). P. 1–17. doi:10.14720/aas.2022.118.4.2234.
 13. Siddiqui M., Chakraborty I., Hazra P. & Ayala-Zavala J. Characterization of quality indices on storage of puree of mutant (dg and ogc) and normal tomatoes. *Acta Alimentaria*. 2014. No. 43 (3). P. 426–436. DOI: 10.1556/AAlim.43.2014.3.9.
 14. Siddiqui M.W., Chakraborty I., Mishra P. & Hazra P. Bioactive attributes of tomatoes possessing dg, ogc, and rin genes. *Food & function*. 2014. No. 5 (5). P. 936–943. doi.org/10.1039/C3FO60520E .
 15. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. Москва: Агропромиздат, 1985. 352 с.
 16. Бондаренко Г.Л. & Яковенко К.І. Методика дослідної справи в овочівництві і баштанництві. Харків: Основа, 2001. 369 с.
 17. Горова Т.К. & Яковенко К.І. Сучасні методи селекції овочевих і баштанних культур. Харків: Основа, 2001. 642 с.
 18. Вольф В.Г., Литун П.П., Хавелова А.В. & Кузьменко Р.И. Методические рекомендации по применению математических методов для анализа экспериментальных данных по изучению комбинационной способности. Харьков: УНИИ растениеводства им. В. Я. Юрьева, 1980. 76 с.
 19. Ермаков А.И., Арасимович В.В., Смирнова-Иконникова М.И. & Мурри И. К. Методы биохимического исследования растений. Москва, Ленинград: Сельхозгиз, 1952. 520 с.
 20. Anthon G. & Barrett D. M. Standardization of a rapid spectrophotometric method for lycopene analysis. In *X International Symposium on the Processing Tomato 758*, 2006, June. (pp. 111–128).

REFERENCES

1. FAO (2019). The State of the World's Biodiversity for Food and Agriculture (Rome, Italy: FAO). 572 p. URL: <http://www.fao.org/3/CA3129EN/ca3129en.pdf> [in English].
2. Tilahun, S., Seo, M.H. & Jeong, C. S. (2017). Review on factors affecting the quality and antioxidant properties of tomatoes. *African Journal of Biotechnology*, 16(32), 1678–1687. doi.org/10.5897/AJB2017.16054 [in English].
3. Teka, T.A. (2013). Analysis of the effect of maturity stage on the postharvest biochemical quality characteristics of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) fruit. *International Research Journal of Pharmaceutical and Applied Sciences*, 3(5), 180–186 [in English].
4. Moneruzzaman, K.M., Hossain, A.B. M.S., Sani, W. & Saifuddin, M. (2008). Effect of stages of maturity and ripening conditions on the biochemical characteristics of tomato. *American Journal of*

- Biochemistry and Biotechnology*, 4(4), 336–344 [in English].
5. Tolasa, M., Gedamu, F. & Woldetsadik, K. (2021). Impacts of harvesting stages and pre-storage treatments on shelf life and quality of tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *Cogent Food & Agriculture*, 7(1), 1863620. DOI: 10.1080/23311932.2020.1863620 [in English].
 6. Aisya, S.I., Wahyuni, S., Syukur, M. & Witono, J.R. (2016). The estimation of combining ability and heterosis effect for yield and yield components in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) at lowland. *Ekin Journal of crop breeding and genetics*, 2(1), 23–29 [in English].
 7. Farzane, A., Nemati, H., Arouiee, H., Kakhki, A. M. & Vahdati, N. (2012). The estimate of combining ability and heterosis for yield and yield components in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Journal of Biological and Environmental Sciences*, 6(17), 129–134 [in English].
 8. Akshay, A., Dharmatti, P. R. & Praveenkumar, A. (2012). Combining ability studies for productivity related traits in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Asian Journal of Horticulture*, 7(1), 17–20 [in English].
 9. Sabry, M.K. R.S.A. (2019). Heterosis, nature of gene action for yield and its components in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Middle East J.*, 8(4), 1040–1053. DOI: 10.36632/mejar/2019.8.4.7 [in English].
 10. Izzo, A. M., Khojah, H. & Murie, A. M. (2022). Combining ability and heterosis for yield and some fruit traits of tomato. *DYSONA–Applied Science*, 3(1), 15–23. DOI: 10.30493/DAS.2021.295501 [in English].
 11. Kathimba, F.K., Kimani, P.K., Narla, R.D. & Kirika, L.M. (2022). Heterosis and combining ability for related traits in tomato. *African Crop Science Journal*, 30(s1), 109–125. DOI: <https://dx.doi.org/10.4314/acsj.v30i1.9S> [in English].
 12. Oladokun, O.L., Ibirinde, D.O., Kolawole, A.O. & Aremu, C.O. (2022). Combining ability for morphological and nutritional traits in a diallel cross of tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *Acta agriculturae Slovenica*, 118(4), 1–17. doi:10.14720/aas.2022.118.4.2234 [in English].
 13. Siddiqui, M., Chakraborty, I., Hazra, P. & Ayala-Zavala, J. (2014). Characterization of quality indices on storage of puree of mutant (dg and ogc) and normal tomatoes. *Acta Alimentaria*, 43(3), 426–436. DOI: 10.1556/AAlim.43.2014.3.9 [in English].
 14. Siddiqui, M.W., Chakraborty, I., Mishra, P. & Hazra, P. (2014). Bioactive attributes of tomatoes possessing dg, ogc, and rin genes. *Food & function*, 5(5), 936–943. doi.org/10.1039/C3FO60520E [in English].
 15. Dosphehov, B.A. (1985). Methodology of field experience. Moscow: Agropromizdat, 352 p. [in Ukrainian].
 16. Bondarenko, G.L. & Yakovenko, K.I. (2001). Methods of research in vegetable growing and melon growing. Kharkiv: Osnova, 369 p. [in Ukrainian].
 17. Horova, T.K. & Yakovenko, K.I. (2001). Modern methods of breeding of vegetable and melon crops. Kharkiv: Kharkiv: Osnova, 642 p. [in Ukrainian].
 18. Wolf, V.G., Litun, P.P., Havelova, A.V. & Kuzmenko, R.I. (1980). Methodological recommendations for the use of mathematical methods for the analysis of experimental data on the study of combining ability. Kharkov: University of Plant Growing name V. Ya. Yuryeva. 76 p. [in Russian].
 19. Ermakov, A.I., Arasimovich, V.V. & Yarosh, N.P. (1987). Methods of biochemical research of plants. Leningrad: Agropromizdat, 429c. [in Russian].
 20. Anthon, G. & Barrett, D.M. (2006, June). Standardization of a rapid spectrophotometric method for lycopene analysis. In X International Symposium on the Processing Tomato 758 (pp. 111–128). [in English].

Rudas L.A.

Combining ability of medium-ripe tomato lines with increased lycopene content in fruits

Aim. To determine the general (GCA) and specific (SCA) combining ability of newly created medium-ripe tomato lines by the method of tester crossings and to select the best ones for creating highly heterotic hybrids and varieties. **Methods.** Field, laboratory, genetic, mathematical and statistical. **Results.** Line №535 (minus 2.37) had a high GCA based on the duration of the “mass germination–mass ripening” period. It can be used in heterotic breeding. In this group, there are no lines with high SCA values, but lines №524 and №525 can be used to create varieties. As a sign of commodity productivity, line №542 (0.78 and 0.23) had high reliable positive effects of GCA in the two years of research, in 2019 – №543, №541, respectively, 0.41 and 0.20, in 2020 – №544 (0.15). They can be a valuable starting material for heterotic breeding. Lines №525 (0.07 and 0.20), №544 (0.06 and 0.07), in 2019 – №543 (0.25), №535 (0.12), in 2020 – №542 (0.05), №541 (0.05), №524 (0.06). Lines №525 (0.74)

and №522 (0.55) in 2019 and №524 (2.52) and №542 (4.27) had high reliable effects of GCA on the content of lycopene in tomato fruits in 2020. Lines №524 (1.76) and №544 (0.66) had high values of SCA, in 2020 – №517 (30.58), №543 (39.25), №541 (26.43). Based on the content of lycopene in the fruits of lines №524, №525, №542, №522 can be recommended for creating heterotic hybrids, №543, №541 – for creating varieties. **Conclusions.** Lines with high reliable values of GCA and SCA were established among the newly created parental components. Lines that can be used to create heterotic hybrids and tomato varieties have been identified.

Key words: parental components, hybrid, mass germination–mass ripening, commodity productivity, tester.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРА

Рудас Л.А., кандидат сільськогосподарських наук, Черкаська державна сільськогосподарська дослідна станція ННЦ «ІЗ НААН», ORCID: 0000-0002-5099-4328.

Rudas L.A., Candidate of agricultural sciences, Cherkasy State Agricultural Scientific Research Station of NSC «Institute of Agriculture NAAS», ORCID: 0000-0002-5099-4328.

Наукове видання

Землеробство та рослинництво: теорія і практика

науково-теоретичний журнал

Випуск 4 (10) 2023

Підписано до друку 28.11.2023.
Формат 60x84/8. Папір офсетний.
Друк цифровий. Ум. друк. арк. 14,18.
Обл.-вид. арк. 7,8.
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>