



ISSN 2413-7642

2'2025

**РОСЛИННИЦТВО, СЕЛЕКЦІЯ І
НАСІННИЦТВО,
ПЛОДООВОЧІВНИЦТВО
ЖУРНАЛ**

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ISSN 2413-7642

**РОСЛИННИЦТВО, СЕЛЕКЦІЯ І НАСІННИЦТВО,
ПЛОДООВОЧІВНИЦТВО**

ЖУРНАЛ

**“CROP PRODUCTION, SELECTION AND SEED
PRODUCTION, FRUIT AND VEGETABLE GROWING”**

JOURNALS

2025, вип. 2

Серію засновано у 1997 р.

Виходить два рази на рік

Харків
ДБТУ
2025

Відповідно до наказу Міністерства освіти і науки журнал включено до Переліку наукових фахових видань України, категорія «Б» (наказ № 1035 від 23.08.2023).

Свідоцтво про реєстрацію KB № 25442-15482ПР.

Внесено до Реєстру суб'єктів у сфері друкованих медіа R30-02017

Журнал реферується або індексується в CrossRef, GoogleScholar.

Рекомендовано до видання вченою радою ДБТУ, протокол № 7 від 27.11.25 р.

**РОСЛИННИЦТВО, СЕЛЕКЦІЯ І НАСІННИЦТВО,
ПЛОДООВОЧІВНИЦТВО : журнал** / [Редкол. : А. О. Рожков (головний ред.)
та ін.]. – Харків : ДБТУ, 2025. – Вип. 2025 – 2. – 253 с.

У журналі публікуються статті за результатами фундаментальних теоретичних і прикладних досліджень у галузі рослинництва, селекції і насінництва та плодовоовочівництва.

©Державний біотехнологічний
університет, 2025

Редакційна колегія:

Головний редактор *А.О. Рожков (Україна)*

Заступник головного редактора *О.В. Романов (Україна)*

Відповідальний секретар редколегії *З.О. Дегтярьова (Україна)*

Відповідальний технічний секретар редакції: *А.А. Швець (Україна)*

Члени редакційної колегії:

А. Дуарте (Португалія), М.А.Бобро (Україна), Н.І. Васько (Україна), Т.І. Гонцій (Україна), Л.В. Герман (Україна), В.В. Дегтярьов (Україна), Т.В. Івченко (Україна), В.В. Кириченко (Україна), В.М. Костромітін (Україна), О.В. Куц (Україна), С.В. Лиманська (Україна), А.В. Мельник (Україна), С.П. Полторецький (Україна), В.М. Попов (Україна), С.І. Попов (Україна), Р.В. Рожков (Україна), Т.А. Романова (Україна), В.П. Туренко (Україна), В.І. Філон (Україна), О.М. Шабетя (Україна), М.В. Шевченко (Україна), Г.І. Яровий (Україна).

Editorial Board:

Editot-in-chief *A.O. Rozhkov (Ukraine)*

Associate Editor *O.V. Romanov (Ukraine)*

Editor Board Executive Secretary *Z.O. Dehtiarova (Ukraine)*

Editor Technical Executive Secretary *A.A. Shvets (Ukraine)*

Editorial Board Members:

A. Duarte (Portugal), M.A. Bobro (Ukraine), N.I. Va'sko (Ukraine), T.I. Goptsiy (Ukraine), L.V. Herman (Ukraine), V.V. Degtyariov (Ukraine), T.V. Ivchenko (Ukraine), V.V. Kirichenko (Ukraine), V.M. Kostromitin (Ukraine), O.V. Kuts (Ukraine), S.V. Lyman'ska (Ukraine), A.V. Melnyk (Ukraine), S.P. Poltoretsky (Ukraine), V.M. Popov (Ukraine), S.I. Popov (Ukraine), R.V. Rozhkov (Ukraine), T.A. Romanova (Ukraine), V.P. Turenko (Ukraine), V.I. Filon (Ukraine), O.M. Shabetya (Ukraine), M.V. Shevchenko (Ukraine), H.I. Yarovyy (Ukraine)

Адреса редакції: 62483, Харків, п/в Докучаєвське-2, ДБТУ, корп. 2, кім. 326.

Тел.: (066)-248-34-96. E-mail: zinaida_samosvat@ukr.net

Address of Editorial Office: 62483, Ukraine, Kharkiv, p/o Dokuchaevske-2, DBTU, office 2-326. Tel. (066)-248-34-96. E-mail: zinaida_samosvat@ukr.net

Повнотекстові електронні версії статей розміщено на сайті Національної бібліотеки України ім. В.І. Вернадського та офіційному сайті журналу (<http://visnykagro.knau.kharkov.ua/>)

Скорочена назва журналу відповідно до ISSN для оформлення посилань –*Visn. HNAU, Ser. Rosl. sel. nasinn. plodoovochivn.*

З М І С Т

РОСЛИННИЦТВО

В.О. Стороженко, А.О. Рожков	<i>Динаміка формування площі листкової поверхні гібридів кукурудзи різних груп стиглості залежно від позакоренових підживлень</i>	8
О.І. Поляков, Д.І. Фостащенко	<i>Зміна показників продуктивності сортів рижію ярого під впливом додаткового живлення за різних способів сівби</i>	23
Є.В. Брага, А.О. Рожков	<i>Ефективність системи удобрення у формуванні продуктивності рослин соняшнику</i>	37
О.М. Глибокий, М.Г. Цехмейструп	<i>Урожайність гороху залежно від погодних умов</i>	54
В.В. Могилевська, Л.А. Свиридова	<i>Біологічна врожайність зерна гібридів сорго зернового залежно від форм і доз добрив</i>	67
С.О. Іванов, А.О. Рожков	<i>Продуктивність рослин і біологічна врожайність зерна пшениці озимої за впливу морфорегуляторів на різних фонах мінерального живлення</i>	81
О.Ю. Щербаков, В.В. Дегтярьов	<i>Антистрессова дія гумусових біостимуляторів на урожайність соняшника (<i>Helianthus l.</i>) в умовах глобальних змін клімату</i>	102

АГРОХІМІЯ

Т.А. Романова, М.С. Пономарьова, О.В. Романов	<i>Гармонізація національних стандартів агрохімічного аналізу ґрунтів з вимогами єс</i>	121
--	---	-----

ПЛОДООВОЧІВНИЦТВО

М.О. Шапко, О.В. Куц	<i>Використання регуляторів росту для підвищення насінневої продуктивності помідору</i>	146
О.В. Хареба	<i>Біоенергетична ефективність вирощування індетермінантних гібридів помідору в скляних зимових теплицях</i>	160
В.В. Леус, Я.О. Муленок	<i>Вплив передзбиральної обрізки інтенсивних насаджень яблуні на якість забарвлення плодів</i>	172

ЗЕМЛЕРОБСТВО

С. І. Кудря, Н. А. Кудря	<i>Енергетична ефективність короткоротаційних сівозмін з бобовим компонентом</i>	186
Л. І. Сторожик, А. М. Свиридов, Л. А. Свиридова, М. Г. Цехмейструк	<i>Вплив елементів технології вирощування на врожайність і основні нутрієнти зерна гібридів сорго зернового іноземної селекції та продуктів його переробки</i>	197
І.І. Ткаченко, М.В. Швиденко	<i>Вплив кліматичних змін на врожайність гібридів соняшника у лісостеповій зоні харківської області</i>	214
А. Науменко, В. Коваленко	<i>Вплив на продуктивність кукурудзи комплексних антистресових заходів</i>	226
	ТЕХНОЛОГІЇ ЗБЕРІГАННЯ ПРОДУКЦІЇ	
Л.М. Пузік, В.К. Пузік, О.В. Івакін	<i>Дослідження впливу післязбиральної обробки саліциловою кислотою та хітозаном на збереженість ягід лохини</i>	235

CONTENTS

CROP PRODUCTION

V. Storozhenko, A. Rozhkov	<i>Dynamics of leaf area formation in corn hybrids of different maturity groups depending on foliar fertilization</i>	8
O. Polyakov, D. Fostashchenko	<i>Change in productivity indicators of spring camelina varieties under the influence of additional nutrition with different sowing methods</i>	23
Ye. Braga, A. Rozhkov	<i>Effectiveness of fertilization system in forming the productivity of sunflower plant</i>	37
O. Gluboky, M. Tsehmeistruk	<i>Peas yield depends on weather conditions</i>	54
V. Mohylevska, L. Sviridova	<i>Biological yield of grain of grain sorghum hybrids depending on forms and doses of fertilizers</i>	67
S. Ivanov, A. Rozhkov	<i>Plant productivity and biological yield of winter wheat grain under the influence of morpho-regulators on different mineral nutrition backgrounds</i>	81
O. Shcherbakov, V. Degtyarev	<i>Anti-stress effect of humic biostimulants on sunflower (<i>helianthus l.</i>) yield under global climate change conditions</i>	102

AGROCHEMISTRY AND SOIL SCIENCE

T. Romanova, M. Ponomareva, O. Romanov	<i>Parmonisation of national standards for agrochemical analysis of soils with eu requirements</i>	121
---	--	-----

VEGETABLE GROWING

M. Shapko, O. Kuts	<i>Use of growth regulators to increase tomato seed productivity</i>	146
O. Khareba	<i>Bioenergy efficiency of growing indeterminant tomato hybrids in glass winter greenhouses</i>	160
V. Leus, Y. Mulienok	<i>The effect of pre-harvest pruning of the apple trees, grown in the intensive plantations, on the quality of fruit coloring</i>	172

FRUITS GROWING

S. Kudria, N. Kudria	<i>Energy efficiency of short-rotation crop rotations with a legume componen</i>	186
L. Storozhyk, A. Svyrydov, L. Svyrydova, M. Tsekhmeystruk	<i>Influence of elements of cultivation technology on yield and main nutrients of grain of grain sorghum hybrids of foreign selection and its processed products</i>	197
I. Tkachenko, M. Shvydenko	<i>The impact of climate change on the yield of sunflowerhybrids in the forest-steppe zone of the kharkiv region</i>	214
A. Naumenko, V. Kovalenko	<i>Impact of integrated anti-stress measures on maize productivity</i>	226
L. Pusik, V. Pusik, O. Ivakin	<i>Study of the influence of post-harvest treatment with salicylic acid and chitosan on the storage of blueberries</i>	235

РОСЛИННИЦТВО

УДК 631.527.5:633.15:581.13:631.8:581.144.4

DOI 10.5281/zenodo.18493891

В.О. Стороженко, аспірант кафедри рослинництва
А.О. Рожков, д-р с.-г. наук, професор
Державний біотехнологічний університет, Харків, Україна

ДИНАМІКА ФОРМУВАННЯ ПЛОЩІ ЛИСТКОВОЇ ПОВЕРХНІ ГІБРИДІВ КУКУРУДЗИ РІЗНИХ ГРУП СТИГЛОСТІ ЗАЛЕЖНО ВІД ПОЗАКОРЕНЕВИХ ПІДЖИВЛЕНЬ

Висвітлено результати дворічних досліджень щодо впливу позакореневих підживлень на динаміку формування площі листкової поверхні посівів гібридів кукурудзи різних груп стиглості: Р 7818, ДКС 3730 і ДКС 4541.

Встановлено, що на площу листкової поверхні посівів кукурудзи впливає як група стиглості гібридів, так і позакореневі підживлення. Серед досліджуваних гібридів найбільшу площу листкової поверхні в усі фази проведення визначень формували середньостиглий гібрид ДКС 454. Зокрема, під час 33-ї, 65-ї, 75-ї і 85-ї мікрофаз за класифікацією ВВСН площа листкової поверхні цього гібриду в середньому за роками становила 25,9 тис.м²/га, 37,6, 35,1 і 31,6 тис.м²/га відповідно.

Усі досліджувані варіанти проведення двох листкових підживлень забезпечували формування істотно вищої площі листкової поверхні всіх гібридів кукурудзи під час 33-ї, 65-ї, 75-ї і 85-ї мікрофаз, при цьому найбільшою вона була на варіантах проведення двох позакореневих підживлень під час 14-16-ї і 16-18-ї мікрофаз сумішшю карбаміду в дозі 21 кг/га, комплексного добрива Nanovit у дозі 1,5 л/га і стимулятору-антистресанту Квантум АміноМакс 200 у дозі 1,0 л/га. Приріст площі листкової поверхні досліджуваних гібридів кукурудзи в усі фази проведення визначень порівняно з контролем становив 12–15 %. Додавання до цього розчину цинкового добрива Partner не забезпечувало подальшого підвищення площі листкової поверхні жодного з досліджуваних гібридів.

Площа прикачанного листка всіх гібридів кукурудзи найбільшою була на варіантах проведення позакореневого підживлення сполученням усіх продуктів (карбамід, Nanovit, Квантум АміноМакс 200, Partner), водночас вона істотно не відрізнялася від варіанту де вносили розчин трьох продуктів (без додавання цинкового добрива Partner). На цих варіантах площа прикачанного листка гібридів кукурудзи Р 7818, ДКС 3730 і ДКС 4541 у середньому за два роки досліджень становила 420,7–421,6 см², 541,6–545,6 см² і 547,0–550,1 см² відповідно.

Одже, для формування більшої площі листкової поверхні посівів, що створює більш сприятливі передумови для формування вищої врожайності зерна кукурудзи різних груп стиглості, доцільно проводити два листкові підживлення під час 14-16-ї і 16-18-ї мікрофаз за міжнародною класифікацією ВВСН розчином карбаміду в дозі N₁₀, комплексного водорозчинного добрива Nanovit у дозі 1,5 л/га і стимулятору-антистресанту Квантум АміноМакс 200 у дозі 1,0 л/га.

Ключові слова: кукурудза, гібрид, стимулятори росту, водорозчинні добрива, антистресант, позакореневі підживлення, площа листкової поверхні.

Постановка проблеми. Формування оптимальної площі листової поверхні є основою ефективної їх фотосинтетичної діяльності. Дослідження можливості регулювання процесів формування листової поверхні посівів кукурудзи за рахунок проведення позакореневих підживлень дозволить істотно покращити накопичення пластичних речовин у процесі фотосинтетичної діяльності посівів культури. Саме тому дослідження в цьому напрямку є доцільними та актуальними.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Рівень реалізації генетичного потенціалу продуктивності посівів кукурудзи напряму залежить від площі листової поверхні та ефективності її роботи, яка змінюється в процесі росту та розвитку рослин, що пов'язано зі структурою посіву окремих гібридів/сортів та умовами їх вирощування. Ефективність роботи листової поверхні значною мірою також залежить від ярусу листків, їх віку та розміщення на стеблах [1–3].

Про тісний прямий зв'язок між рівнем врожайності біомаси і розмірами площі листової поверхні кукурудзи свідчать експериментальні дані багатьох дослідників [4, 5]. У цьому відношенні досить важливим є формуванням агроценозів, здатних засвоювати максимальну кількість енергії сонячної радіації та більш повноцінно використовувати її на побудову органічних речовин.

Важливою перевагою кукурудзи порівняно з багатьма іншими культурними рослинами, в умовах глобальних кліматичних змін, є її здатність до кращого використання світла завдяки можливості фіксації CO_2 однією молекулою з чотирма атомами вуглецю [6], і саме тому вона належить до групи так званих C_4 типу фотосинтезу рослин [7, 8].

Управління процесом фотосинтезу є одним з найважливіших методів впливу на підвищення врожаю кукурудзи [9–11]. Інтенсивність наростання листової поверхні, загальна площа листової поверхні та її асиміляційна активність мають важливе значення, оскільки понад 90 % сухої речовини рослин утворюється з органічних речовин, що утворюються в листках [12].

За допомогою елементів технології вирощування, насамперед системи живлення, можна значно активізувати процес фотосинтезу і тим самим підвищити рівень реалізації генетичного потенціалу продуктивності культури. До комплексу елементів технології вирощування, що впливають на ефективність фотосинтезу, перш за все слід віднести забезпеченість посівів вологою, та збалансованим комплексом елементів мінерального живлення [13, 14].

Важливу роль у забезпеченні «безперебійного» живлення рослин відіграють позакореневі підживлення, оскільки саме вони дають можливість практично в будь який час «дати» рослинам елементи живлення, а за потреби, – «підтримати» рослини в стресових ситуаціях за рахунок внесення продуктів стимуляційної та антистресової дії [15].

У стресових умовах (низькі чи високі температури, посуха тощо) позакореневі підживлення є практично єдиним способом забезпечення рослин елементами живлення, стимуляторами росту та антистресантами. Внесення навіть невеликих доз мікро- та макроелементів є дуже корисним, оскільки вони містяться в легкозасвоюваній формі і швидко проникають у рослини [16].

На значний вплив позакореневих підживлень на площу листової поверхні посівів та на чисту продуктивність фотосинтезу у своїх працях вказували дослідники М. Дудка та О. Шевченко [17]. Застосування комплексних водорозчинних добрив забезпечувало збільшення площі листової поверхні посівів кукурудзи більш ніж на 10 %, а також значно підвищувало чисту продуктивність фотосинтезу – до 9,72 г/м² за добу – у фазі молочно-воскової стиглості. Таким чином, дослідження в цьому напрямку є необхідними та актуальними.

Мета проведених досліджень полягала у визначенні впливу позакореневих підживлень продуктами з різною основою на динаміку формування площі листової поверхні посівів та розміри прикачаного листка гібридів кукурудзи різних груп стиглості.

Матеріали та методи досліджень. Дослідження проводили протягом 2024, 2025 рр. на базі СФГ «Горизонт-2» Білоцерківського району Київської області. Ґрунт на якому проводили дослідження – чорнозем глибокий, середньо суглинковий на лесовидному суглинку.

І за температурними показниками і за режимом опадів погодні умови під час вегетації посівів кукурудзи помітно відрізнялися від показників кліматичної норми. Це звісно відобразилося на показниках площі листової поверхні досліджуваних гібридів кукурудзи.

Більш сприятливі погодні умови для росту та розвитку рослин кукурудзи склалися в 2025 р. Протягом вегетації кукурудзи в цьому році кількість опадів як і температурний режим, були близькими до кліматичної норми. Крім того, у критичні періоди росту та розвитку рослин опадів у цілому було достатньо для їх проходження.

На відміну від 2025 р., опадів у літній період 2024 р. було значно менше. При цьому, негативний вплив посухи посилювався високими температурами під час другої декади липня та серпня (в окремі періоди денна температура повітря сягала понад 35,0 °С). Разом з тим, проведення досліджень у різних погодних умовах дало можливість більш повноцінно порівняти між собою досліджувані варіанти позакореневих підживлень і визначити їх ефективність з точки зору впливу на формування площі листової поверхні гібридів кукурудзи за різних погодних умов вегетації.

Двохфакторний польовий дослід закладали за допомогою методу розщеплених ділянок у чотирьох повтореннях. Ділянками першого порядку (фактор А) виступали три сучасні гібриди кукурудзи різних груп

стигlostі: ранньостиглий Р 7818 (ФАО 240); середньоранній ДКС 3730 (ФАО 280) і середньостиглий ДКС 4541 (ФАО 380).

Ділянками другого порядку були сім варіантів позакореневих підживлень різними сполученнями водорозчинних добрив і стимуляторів-антистресантів:

I – контроль (обприскування дослідних ділянок водою);

II – позакореневе підживлення сумішшю карбаміду (N_{10}) з комплексним добривом Nanovit (1,5 л/га) у 14-16-й мікрофазі;

III – позакореневе підживлення сумішшю карбаміду (N_{10}) з комплексним добривом Nanovit (1,5 л/га) у 16-18-й мікрофазі;

IV – II + III;

V – позакореневе підживлення сумішшю карбаміду (N_{10}) з комплексним добривом Nanovit (1,5 л/га) і антистресантом Квантум АміноМакс (1,0 л/га) під час 14-16-ї і 16-18-ї мікрофаз;

VI – V + додавання до бакового розчину під час першого підживлення цинкового добрива Partner (1,0 л/га);

VII – V + додавання до бакового розчину під час першого та другого підживлення цинкового добрива Partner (1,0 л/га).

Площа посівної ділянки становила 140 м², облікової – 100 м². Площа лабораторних ділянок дослідів, на яких відбирали зразки рослин, проводити супутні спостереження, обліки та аналізи становила 40 м².

Агротехніка в досліді за виключенням поставлених на вивчення питань, була загальноприйнятою для району досліджень. Під оранку вносили амофос у розрахунку $N_{12}P_{52}$ і хлористий калій з розрахунку K_{50} . Навесні, під передпосівну культивуацію вносили карбамід з розрахунку N_{46} . Сівбу проводили в кінці першої декади травня за прогрівання ґрунту на глибині 5–6 см – до температури 10–12 °С. Одночасно з сівбою вносили амофос з розрахунку N_4P_{15} . Насіння висівали широко- рядним способом з міжряддями 70 см. Норму висіву – 70 тис. нас./га.

Одразу після сівби кукурудзи вносили ґрунтовий гербіцид (Примекстра TZ Голд) і поводили прикочування посівів. Під час 12-ї мікрофази за шкалою ВВСН вносили гербіцид Лаудіс. Витрати робочого розчину під час обприскування посівів гербіцидами, як і для позакореневих підживлень посівів становили 250 л/га.

Комплексне водорозчинне добриво Nanovit Кукурудза крім спеціально збалансованого під кукурудзу набору макро- та мікроелементів містить у своєму складі багатофункціональний біологічно-активний комплекс Nanoactiv на основі 15-ти рослинних L-амінокислот, широкий спектр гормонів росту та органічних кислот.

Антистресант Квантум АміноМакс має високий вміст амінокислот (200 г/л). Він збагачений макро- та мікроелементами, гумінами, органічними кислотами та рослинними фітогормонами для підвищення антистресового ефекту та посилення імунітету рослин.

Закладання досліду, спостереження, обліки та вимірювання проводили за загальноприйнятими методиками [18]. Дисперсійний аналіз здійснювали в програмному пакеті Microsoft Excel на базі загальноприйнятих методик [19].

Результати досліджень та їх обговорення. У результаті проведених нами досліджень було встановлено позитивний вплив позакореневих підживлень на формування вищих показників площі листової поверхні гібридів кукурудзи різної групи стиглості.

Під час 33-ї мікрофази за класифікацією ВВСН всі досліджувані варіанти позакореневих підживлень забезпечували формування істотно вищої площі листової поверхні всіх гібридів порівняно з контролем. Найбільшою площа листової поверхні гібридів кукурудзи у цей час була на варіантах двох позакореневих підживлень сполученням карбаміду, водорозчинного комплексу Nanovit і антистресанту Квантум Аміно-Макс. У менш сприятливих погодних умовах 2024 р. у гібридів Р 7818, ДКС 3730 і ДКС 4541 в цьому варіанті вона становила 21,5, 23,0 і 25,0 тис. м²/га, у 2025 р. – 25,0, 27,3 і 29,1 тис. м²/га відповідно (табл.1). Приріст показника порівняно з контролем у гібридів кукурудзи Р7818, ДКС 3730 і ДКС 4541 в 2024 р. становив – 12,0 %, 13,3 і 14,2 %, а в 2025 р. – 13,6 %, 15,7 і 13,2 % відповідно, що значно вище НІР₀₅.

1. Площа листової поверхні гібридів кукурудзи під час 33-ї мікрофази за шкалою ВВСН залежно від позакореневих підживлень, тис. м²/га (у чисельнику – за 2024 р., у знаменнику – за 2025 р.)

Позакореневе підживлення (фактор В)	Гібрид кукурудзи (фактор А)			Середнє
	Р 7818	ДКС 3730	ДКС 4541	
I*	19,2/22,0	20,3/23,6	21,9/25,7	20,5/23,8
II	20,1/23,2	21,6/24,5	22,4/27,7	21,4/25,1
III	20,4/23,6	21,4/24,8	22,8/27,1	21,5/25,2
IV	20,6/24,0	22,1/25,5	23,7/28,3	22,1/25,9
V	21,5/25,0	23,0/27,3	25,0/29,1	23,2/27,1
VI	21,7/24,6	22,8/27,0	25,4/28,8	23,3/26,8
VII	21,7/25,2	23,4/27,2	25,2/29,1	23,4/27,1
Середнє	20,7/23,9	22,1/25,7	23,8/28,0	22,2/25,9
НІР ₀₅ головного ефекту А – 0,7/0,9; НІР ₀₅ головного ефекту В – 0,7/1,0; НІР ₀₅ часткових порівнянь А – 0,8/0,9; НІР ₀₅ часткових порівнянь В – 0,9/1,1.				

Примітка: * – зміст варіантів фактора В розкрито в пункті – Матеріали та методи досліджень.

Додавання до бакового розчину препаратів цинкового добрива Partner – 6-й і 7-й варіанти фактора В, не забезпечувало прибавки площі листової поверхні всіх досліджуваних гібридів кукурудзи. Зокрема, у 2024 р. за рахунок додавання цього добрива (різниця між 7-им і 5-им

варіантами) площа листкової поверхні гібридів Р 7818, ДКС 3730 і ДКС 4541 підвищувалася лише на 0,2, 0,4 і 0,2 тис. м²/га або на 1,0 %, 1,7 і 0,8 % відповідно. У 2025 р. різниці між цими варіантами взагалі не було.

Між гібридами також відмічено значну різницю за показниками площі листкової поверхні під час їх перебування в 33-й мікрофазі. Гібриди з довшим періодом вегетації формували значно більшу площу листкової поверхні. У середньому за варіантами позакореневих підживлень площа листкової поверхні найбільшою була в середньостиглого гібрида кукурудзи ДКС 4541 – 23,8 тис. м²/га – у 2024 р. і 28,0 тис. м²/га – у 2025 р., що на 3,1 і 4,1 тис. м²/га відповідно вище, ніж у ранньостиглого гібрида Р 7818 і на 1,7 і 2,3 тис. м²/га вище порівняно з середньораннім гібридом ДКС 3730. Закономірність формування більшої площі листкової поверхні в гібридів з довшою тривалістю вегетації також відмічають наковці Г.Л. Філіпов, В.Ю. Черчель, Л.О. Максимова [20] та І.М. Сметанська [21].

Найбільших змін площа листкової поверхні посівів кукурудзи зазнавала за впливу погодних умов вегетації. Значно більшою вона була у більш сприятливих погодних умовах 2025 р. Зокрема, у середньому по досліджуваних варіантах позакореневих підживлень, площа листкової поверхні посівів гібридів кукурудзи Р 7818, ДКС 3730 і ДКС 4541 у 2025 р. була на 3,2 тис. м²/га (15,5 %), 3,6 тис. м²/га (16,3 %) і 4,2 тис. м²/га або на 17,6 % відповідно вищою, ніж у 2024 р.

Найбільших значень площа листкової поверхні всіх досліджуваних гібридів кукурудзи сягала під час 65-ї мікрофази за класифікацією ВВСН (фаза повного кушіння). У цей час найвищою вона була у варіанті проведення двох позакореневих підживлень сполученням усіх досліджуваних продуктів, тобто в 7-у варіанті фактора В. Зокрема, в гібридів Р 7818, ДКС 3730 і ДКС 4541 вона становила 29,8, 32,6 і 34,4 тис. м²/га – у 2024 р. і 38,6, 41,4 і 43,8 тис. м²/га – у 2025 р. (табл. 2).

Разом з тим, як і під час 33-ї мікрофази, додавання до бакового розчину досліджуваних продуктів цинкового добрива Partner під час 65-ї мікрофази також не забезпечувало очевидної переваги порівняно з варіантом де його не застосовували. Зокрема, різниця між цими варіантами – 5-им, 6-им і 7-им, була в межах 1,0 %.

У погодних умовах обох років високу ефективність показало додавання до бакового розчину карбаміду і водорозчинного комплексу паповіт стимулятору-антистресанту Квантум АміноМакс. При цьому ефект від додавання цього продукту дещо вищий був у більш сприятливих погодних умовах 2025 р., що свідчить про доцільність застосування цього продукту не лише в стресових, а й у сприятливих умовах. Очевидно, що висока ефективність застосування цього продукту в сприятливих погодних умовах зумовлена його властивістю стимулювати ростові процеси.

2. Площа листкової поверхні гібридів кукурудзи під час 65-ї мікрофази за шкалою ВВСН залежно від позакореневих підживлень, тис. м²/га (у чисельнику – за 2024 р., у знаменнику – за 2025 р.)

Позакореневе підживлення (фактор В)	Гібрид кукурудзи (фактор А)			Середнє
	Р 7818	ДКС 3730	ДКС 4541	
I*	27,0/34,0	28,5/36,1	30,7/38,8	28,7/36,3
II	28,5/36,0	30,1/37,8	31,5/41,5	30,0/38,4
III	28,7/35,6	30,6/36,9	32,3/42,0	30,5/38,2
IV	29,0/36,7	30,9/39,0	33,1/42,2	31,0/39,3
V	29,6/38,0	32,5/41,2	34,1/43,5	32,1/40,9
VI	30,0/38,1	32,8/42,0	34,0/43,5	32,3/41,2
VII	29,8/38,6	32,6/41,4	34,4/43,8	32,3/41,3
Середнє	28,9/36,7	31,1/39,2	32,9/42,2	31,0/39,4
НР ₀₅ головного ефекту А – 0,8/1,6; НР ₀₅ головного ефекту В – 0,9/1,6; НР ₀₅ часткових порівнянь А – 0,9/1,7; НР ₀₅ часткових порівнянь В – 0,9/1,8.				

Примітка: * – зміст варіантів фактора В розкрито в пункті – Матеріали та методи досліджень.

Вплив позакореневих підживлень на площу листкової поверхні під час 65-ї мікрофази був дещо вищий порівняно з попереднім визначенням – під час 33-ї мікрофази, що свідчить про позитивну динаміку впливу цього фактора. Зокрема, під час 33-ї мікрофази площа листкової поверхні посівів кукурудзи в середньому за іншими факторами за впливу позакореневих підживлень максимально збільшувалася на 3,3 тис. м²/га, тоді як під час 65-ї мікрофази – на 5,0 тис. м²/га.

Як і під час попереднього визначення (у 33-ю мікрофазу), ключовим фактором впливу на площу листкової поверхні рослин кукурудзи під час 65-ї мікрофази були погодні умови вегетації. Зокрема, у середньому по досліджуваних варіантах позакореневих підживлень, площа листкової поверхні гібридів Р 7818, ДКС 3730 і ДКС 4541 у цей час в погодних умовах 2025 р. була на 27,0 %, 26,0 і 28,3 % відповідно більшою, ніж у менш сприятливому 2024 р.

Під час 75-ї мікрофази за шкалою ВВСН (молочна стиглість зерна) площа листкової поверхні була у середньому на 6,7 % меншою порівняно з попереднім часом визначення (65-та мікрофаза за міжнародною шкалою ВВСН), що зумовлено початком відмирання нижніх листків.

У цю фазу відмічено дещо вищий вплив досліджуваних варіантів підживлень, що свідчить про позитивну динаміку впливу цього фактора. На нашу думку це пов'язано насамперед з менш повільним відмиранням листків нижніх ярусів рослин у результаті покращення умов їх

існування. При цьому закономірність впливу досліджуваних варіантів позакоренових підживлень була такою ж як і під час попередніх визначень а саме – площа листової поверхні посівів кукурудзи у це час найбільшою була у варіанті двох позакоренових підживлень сполученням усіх продуктів – у 7-у варіанті фактора В (табл. 3).

3. Площа листової поверхні гібридів кукурудзи під час 75-ї мікрофази за шкалою ВВСН залежно від позакоренових підживлень, тис. м²/га (у чисельнику – за 2024 р., у знаменнику – за 2025 р.)

Позакоренове підживлення (фактор В)	Гібрид кукурудзи (фактор А)			Середнє
	Р 7818	ДКС 3730	ДКС 4541	
I*	24,6/31,8	26,3/33,6	28,1/36,2	26,3/33,9
II	25,2/33,6	28,1/34,9	29,5/37,6	27,6/35,4
III	26,5/33,0	29,0/35,4	30,2/39,5	28,6/36,0
IV	26,8/34,6	29,6/36,3	30,7/40,1	29,0/37,0
V	27,6/35,4	30,8/37,0	31,8/41,0	30,1/37,8
VI	28,2/36,0	31,2/39,4	31,4/41,3	30,3/38,9
VII	27,6/35,7	31,0/39,0	32,1/41,6	30,2/38,8
Середнє	26,6/34,3	29,4/36,5	30,5/39,6	28,9/36,8
НІР ₀₅ головного ефекту А – 1,1/1,2; НІР ₀₅ головного ефекту В – 1,2/1,4; НІР ₀₅ часткових порівнянь А – 1,3/1,4; НІР ₀₅ часткових порівнянь В – 1,4/1,4.				

Примітка: * – зміст варіантів фактора В розкрито в пункті – Матеріали та методи досліджень.

У цілому по досліді найбільшу площу листової поверхні на момент настання 75-ї мікрофази формули посіви гібриду кукурудзи ДКС 4541 на варіантах проведення двох позакоренових підживлень сполученням усіх досліджуваних продуктів – 32,1 тис. м²/га – в умовах 2024 р. і 41,6 тис. м²/га – у сприятливих умовах 2025 р. При цьому, істотної різниці порівняно з варіантом де вносили всю суміш продуктів за виключенням цинкового добрива Partner – 5-й варіант, не було. Різниця між ними була в межах 1,2 %.

На посівах гібридів кукурудзи Р 7818 і ДКС 3730 також не встановлено істотної прибавки площі листової поверхні за умови додавання до бакового розчину добрива Partner. Так, площа листової поверхні гібрида кукурудзи Р 7818, за умови додавання до бакового розчину цього добрива в 2025 р. зростала лише на 0,8 % (різниця між 5-м і 7-м варіантом), а в 2024 р. вона взагалі була однаковою.

Як і під час попередніх визначень, площа листової поверхні всіх гібридів кукурудзи помітно зростала за умови додавання до бакового розчину стимулятора-антистресанту Квантум АміноМакс. За рахунок цього, площа листової поверхні посівів гібридів кукурудзи Р 7818, ДКС

3730 і ДКС 4541 під час 75-ї мікрофази була вищою на 3,0–3,5 % – у 2024 р. і на 2,0–2,5 % – у 2025 р. (див. табл. 3).

У результаті поступового відмирання листків нижніх ярусів площа листової поверхні посівів досліджуваних гібридів кукурудзи до 85-ї мікрофази за шкалою ВВСН (воскова стиглість зерна) помітно зменшувалася (табл. 4). Зокрема, порівняно з 65-ю мікрофазою, площа листової поверхні гібридів Р 7818, ДКС 3730 і ДКС 4541 в цей час у середньому по роках і досліджуваних варіантах позакореневих підживлень зменшувалася на 12,1 %, 11,5 і 10,8 % відповідно.

4. Площа листової поверхні гібридів кукурудзи під час 85-ї мікрофази за шкалою ВВСН залежно від позакореневих підживлень, тис. м²/га (у чисельнику – за 2024 р., у знаменнику – за 2025 р.)

Позакореневе підживлення (фактор В)	Гібрид кукурудзи (фактор А)			Середнє
	Р 7818	ДКС 3730	ДКС 4541	
I*	21,3/28,8	23,1/30,8	24,5/33,1	23,0/30,9
II	22,1/30,5	24,5/31,6	25,2/34,6	23,9/32,2
III	23,2/29,6	25,0/32,7	26,4/36,7	24,9/33,3
IV	23,7/31,8	26,4/33,8	27,1/36,2	25,7/33,9
V	24,0/32,3	27,2/34,4	28,1/37,7	26,4/34,8
VI	24,2/32,6	27,8/34,4	27,7/38,0	26,6/35,0
VII	24,2/32,4	27,4/34,7	28,3/38,4	26,6/35,2
Середнє	23,2/31,1	25,9/33,2	26,8/36,4	25,3/33,6
НІР ₀₅ головного ефекту А – 0,8/1,3; НІР ₀₅ головного ефекту В – 0,9/1,5; НІР ₀₅ часткових порівнянь А – 0,9/1,5; НІР ₀₅ часткових порівнянь В – 0,9/1,7.				

Примітка: * – зміст варіантів фактора В розкрито в пункті – Матеріали та методи досліджень.

Усі досліджувані варіанти позакореневих підживлень, за виключенням одноразового внесення суміші карбаміду з добривом nanovit під час 14–16-ї мікрофази забезпечили формування істотно більшої площі листової поверхні всіх гібридів кукурудзи порівняно з контрольним варіантом. Отже, серед варіантів одноразових підживлень, з точки зору формування площі листової поверхні посівів кукурудзи вищу ефективність показало більш пізнє позакореневе підживлення – під час 16–18-ї мікрофази. Цю тенденцію відмічали і в попередні мікрофази.

Досліджувані варіанти позакореневих підживлень більший вплив мали на площу листової поверхні гібридів кукурудзи з більшим періодом вегетації, що зумовлено уповільненням старіння нижніх листків цих гібридів на варіантах проведення позакореневих підживлення сполученням продуктів включаючи антистресант Квантум АміноМакс. Зокрема, площа листової поверхні гібриду ДКС 4541 на

цих варіантах була в середньому на 15,0 % більшою, ніж на контролі, тоді як у ранньостиглого гібриду Р 7817 – на 12,8 %.

Враховуючи важливу роль прикачаного листка у наливі качана кукурудзи, під час 75-ї мікрофази за класифікацією ВВСН (фаза молочної стиглості зерна) нами було визначено його площу на всіх варіантах дослідів. Результати наведено в табл. 5.

5. Площа прикачаного листка гібридів кукурудзи під час 75-ї мікрофази за кодом ВВСН залежно від варіантів підживлень, см² (у чисельнику – за 2024 р., у знаменнику – за 2025 р.)

Позакореневе підживлення (фактор В)	Гібрид кукурудзи (фактор А)			Середнє
	Р 7818	ДКС 3730	ДКС 4541	
I*	364,4/416,6	468,6/540,2	481,6/553,3	438,2/503,4
II	381,5/433,7	490,2/557,4	497,5/576,8	456,4/522,6
III	384,4/440,5	482,7/555,0	493,0/582,2	453,4/525,9
IV	387,0/446,7	490,6/584,2	498,8/585,4	458,8/538,8
V	390,2/451,1	496,5/586,0	503,6/590,2	463,4/542,4
VI	389,4/453,0	498,0/590,2	505,0/594,4	464,1/545,9
VII	390,5/452,7	498,8/592,3	504,7/595,5	464,7/546,8
Середнє	383,9/442,0	489,3/572,2	497,7/582,5	457,0/532,3
НІР ₀₅ головного ефекту А – 15,0/21,1; НІР ₀₅ головного ефекту В – 15,7/22,6; НІР ₀₅ часткових порівнянь А – 16,0/22,8; НІР ₀₅ часткових порівнянь В – 16,3/23,5.				

Примітка: * – зміст варіантів фактора В розкрито в пункті – Матеріали та методи досліджень

У погодних умовах 2024 р. всі варіанти забезпечили формування істотно більшої площі прикачаного листка кукурудзи порівняно з контролем, тоді як в умовах 2025 р. на варіантах однократного підживлення під час 14–16-ї мікрофази, площа прикачаного листка усіх гібридів кукурудзи істотно не відрізнялася від контролю. Разом з тим, вплив досліджуваних варіантів позакоренових підживлень на площу прикачаного листка всіх гібридів кукурудзи вищим був саме в більш сприятливих умовах 2025 р. Так, за впливу досліджуваних варіантів позакоренових підживлень площа прикачаного листка кукурудзи у середньому по гібридах в несприятливих умовах 2024 р. найбільше зростала на 6,0 %, тоді як у 2025 р. – на 8,6 %.

Площа прикачаного листка всіх досліджуваних гібридів кукурудзи найбільшою була на варіантах проведення позакоренового підживлення сполученням усіх продуктів, водночас вона істотно не відрізнялася від варіанту де вносили розчин трьох продуктів – карбаміду, комплексного водорозчинного добрива panovit і антистресанту Квантум АміноМакс (без додавання цинкового добрива Partner). На цих варіантах

(5-й, 6-й і 7-й варіанти) площа прикачанного листка гібридів Р 7818, ДКС 3730 і ДКС 4541 у середньому за роками становила 420,7–421,6 см², 541,6–545,6 см² і 547,0–550,1 см² відповідно.

Висновки. Зважаючи на отриманні нами результати, встановлено, що на площу асиміляційної поверхні посівів кукурудзи впливає як група стиглості гібридів, так і позакореневі підживлення. Серед досліджуваних гібридів найбільшу площу листової поверхні в усі фази проведення визначень формував середньостиглий гібрид ДКС 454. Зокрема, під час 33-ї, 65-ї, 75-ї і 85-ї мікрофаз за класифікацією ВВСН площа листової поверхні цього гібриду в середньому за два роки становила 25,9 тис.м²/га, 37,6, 35,1 і 31,6 тис.м²/га відповідно.

Усі варіанти проведення двох листових підживлень під час 33-ї, 65-ї 75-ї і 85-ї мікрофаз, забезпечували формування істотно вищої площі листової поверхні всіх гібридів кукурудзи при цьому найвищою вона була на варіантах проведення позакоренових підживлень під час 14-16-ї і 16-18-ї мікрофаз сумішшю карбаміду (N₁₀), комплексного добрива Nanovit (1,5 л/га) і стимулятора-антистресанту Квантум АміноМакс 200 (1,0 л/га). Приріст площі листової поверхні досліджуваних гібридів кукурудзи по всіх фазах проведення визначень порівняно з контролем становив 12–15 %. Додавання до цього розчину цинкового добрива Partner не забезпечувало подальшого підвищення площі листової поверхні жодного з досліджуваних гібридів кукурудзи.

Площа прикачанного листка всіх гібридів кукурудзи найбільшою була на варіантах проведення позакоренового підживлення сполученням усіх продуктів (карбамід, Nanovit, Квантум АміноМакс, Partner), водночас вона істотно не відрізнялася від варіанту де вносили розчин трьох продуктів – карбаміду, комплексного водорозчинного добрива nanovit і антистресанту Квантум АміноМакс (без додавання цинкового добрива Partner). На цих варіантах у гібридів кукурудзи Р 7818, ДКС 3730 і ДКС 4541 у середньому за два роки вона становила 420,7–421,6 см², 541,6–545,6 см² і 547,0–550,1 см² відповідно.

Таким чином, для формування більшої площі листової поверхні посівів, що створює більш сприятливі передумови для формування вищої врожайності зерна кукурудзи різних груп стиглості, доцільно проводити два позакореневі підживлення під час 14-16-ї і 16-18-ї мікрофаз розчином карбаміду і дозі N₁₀, комплексного добрива Nanovit у дозі 1,5 л/га і антистресанту Квантум АміноМакс у дозі 1,0 л/га.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Зінченко О.І. Рослинництво: підручник. Вид. третє, доповнене і перероблене. Умань: Видавець «Сочінський М.М.». 2016. 612 с.
2. Паламарчук В.Д. Вплив позакоренових підживлень на вміст хлорофілу у гібридів кукурудзи різних груп стиглості. *Сільське*

господарство та лісівництво. 2019. № 3 (14). С. 43–53. <https://doi.org/10.37128/2707-5826-2019-3-4>

3. Паламарчук В.Д., Колісник О.М. Сучасна технологія вирощування кукурудзи для енергоефективного та екологічнобезпечного розвитку сільських територій: монографія. Вінниця: ТОВ Друк, 2022. 372 с.

4. Паламарчук В.Д., Коваленко О.А. Вплив позакореневих підживлень на формування площі листової поверхні гібридів кукурудзи. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2018. № 2. С. 32–38.

5. Сонько Р.С., Марченко О.А., Стародуб М.Ф., Коломієць В.М. Вплив технології вирощування на показники індукції флуоресценції хлорофілу за вирощування рослин кукурудзи. *Науковий вісник НУБіП України*. 2012. № 178. С. 127–132.

6. Ярошко М., Штангела Й. Кукурудза – основні вимоги до вирощування. *Агроном*. 2012. № 2(36). С. 138–140.

7. Надь Янош. Кукурудза. Вінниця: ФОП Д. Корзун, 2012. 580 с.

8. Паламарчук В.Д., Поліщук І.С., Каленська С.М., Єрмакова Л.М. Біологія та екологія сільськогосподарських рослин: підручник. Вінниця, 2013. 713 с.

9. Городній М.М., Павлик Р.М. Вплив систематичного використання добрив в сівоzmіні на формування асиміляційного апарату посівів та продуктивність кукурудзи на силос. *Науковий вісник НУБіП України*. Київ, 2010. № 149. С. 54–60.

10. Сонько Р.С., Марченко О.А., Стародуб М.Ф., Коломієць В.М. Вплив технології вирощування на показники індукції флуоресценції хлорофілу за вирощування рослин кукурудзи. *Науковий вісник НУБіП України*. 2012. №178. С. 127–132.

11. Філіпов Г.Л. Аспекти підвищення адаптивної стійкості кукурудзи в Степу. *Зберігання і переробка зерна*. 2010. № 10(136). С. 21–23.

12. Ковальчук І. Критерії підбору гібридів кукурудзи для різних умов вирощування. *Farmer the Ukrainian*. 2015. №12(72). С. 82–84.

13. Дудка М., Черчель В. Позакореневе підживлення: необхідність чи альтернатива? *Журнал Пропозиція*. 2014. № 6. С. 64–69.

14. Коваленко О.А., Хоненко Л.Г. Вплив мікродобрив та бактеріальних препаратів на врожайність кукурудзи цукрової за вирощування в умовах Південного Степу України. *Таврійський науковий вісник*. Херсон: ХДАУ. 2011. № 74. С. 68–71.

15. Паламарчук В.Д., Соломон А.М. Дослідження формування площі асиміляційної поверхні у кукурудзи залежно від позакореневих підживлень. *Корми і кормовиробництво*. 2021. Вип. 92. С. 82–94. <https://doi.org/10.31073/kormovyrobnytstvo202192-08>

16. Пастернак В. Елементи мінерального живлення рослин. 2015. УкрАгроРесурс. 30 с.

17. Дудка М., Шевченко О. Мікродобрива й кукурудза. *Farmer the Ukrainian*. 2016. № 5(77). С. 68–69.

18. Єщенко В.О., Копитко П.Г., Костогриз П.В., Опришко В.П. Основи наукових досліджень в агрономії: підручник. Вид. 2-ге, виправлене і доповнене. Вінниця: ПП «ТД Едельвейс і К». 2014. 332 с.

19. Рожков А.О., Пузік В.К., Каленська С.М. й ін. Дослідна справа в агрономії: у 2 книгах. Кн. перша: Теоретичні аспекти дослідної справи. Харків: Майдан. 2016. 316 с.

20. Філіпов Г.Л., Черчель В.Ю., Максимова Л.О. Оцінка генотипів кукурудзи на стійкість до загущення посівів. *Агроном*. 2015. №1(47), лютий. С. 28–29.

21. Сметанська І.М. Фізіолого-агрохімічні аспекти формування врожаю та якості кукурудзи на силос. *Збірник наукових праць ВДАУ*. Вінниця, 2000. Вип. 7. С. 57–65.

REFERENCES

1. Zinchenko O.I. (2016). Plant Growing: Textbook. Third edition, supplemented and revised. Uman: Publisher "Sochinsky M.M.". 612 p.

2. Palamarchuk V.D. (2019). The effect of foliar fertilization on chlorophyll content in corn hybrids of different maturity groups. *Agriculture and Forestry*. №3(14). 43–53. <https://doi.org/10.37128/2707-5826-2019-3-4>

3. Palamarchuk V.D., Kolisnyk O.M. (2022). Modern corn cultivation technology for energy-efficient and environmentally safe development of rural areas: monograph. Vinnitsa: Druk LLC. 372 p.

4. Palamarchuk V.D., Kovalenko O.A. The effect of foliar fertilization on the formation of leaf surface area in corn hybrids. *Bulletin of Agricultural Science of the Black Sea Region*. 2018. № 2. P. 32–38.

5. Sonko R.S., Marchenko O.A., Starodub M.F., Kolomiets V.M. (2012). Influence of cultivation technology on chlorophyll fluorescence induction indicators in corn cultivation. *Scientific Bulletin of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*. № 178. 127–132.

6. Yarosko, M., Stangel, Y. (2012). Corn – basic requirements for cultivation. *Agronomist*. 2012. № 2(36). P. 138–140.

7. Nád János. (2012). Corn. Vinnytsia: FOP D. Korzun. 580 p.

8. Palamarchuk V.D., Polishchuk I.S., Kalenska S.M., Yermakova L.M. (2013). Biology and Ecology of Agricultural Plants: Textbook. Vinnytsia. 713 p.

9. Gorodniy M.M., Pavlik R.M. (2010). The influence of systematic use of fertilizers in crop rotation on the formation of the assimilation apparatus of crops and the productivity of corn for silage. *Scientific Bulletin of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*. Kyiv. № 149. P. 54–60.

10. Sonko R.S., Marchenko O.A., Starodub M.F., Kolomiets V.M. (2012). Influence of cultivation technology on chlorophyll fluorescence induction indicators in corn cultivation. *Scientific Bulletin of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*. № 178. 127–132.
11. Filippov G.L. (2010) Aspects of increasing the adaptive stability of corn in the Steppe. *Grain storage and processing*. № 10(136). P. 21–23.
12. Kovalchuk I. (2015). Criteria for selecting corn hybrids for different growing conditions. *Farmer the Ukrainian*. № 12(72). P. 82–84.
13. Dudka M., Churchill V. (2014). Foliar feeding: necessity or alternative? *Propozytsia magazine*. № 6. P. 64–69.
14. Kovalenko O.A., Khonenko L.G. (2011). The effect of microfertilizers and bacterial preparations on the yield of sweet corn grown in the conditions of the Southern Steppe of Ukraine. *Tavriya Scientific Bulletin. Kherson: Kherson State Agricultural University*. № 74. P. 68–71.
15. Palamarchuk V.D., Solomon A.M. Study of the formation of the assimilation surface area in corn depending on foliar fertilization. *Feed and Feed Production*. 2021. Issue 92. P. 82–94. <https://doi.org/10.31073/kormovyrobnytstvo202192-08>
16. Pasternak V. (2015). Elements of mineral nutrition of plants. *UkrAgroResurs*. 30 p.
17. Dudka M., Shevchenko O. (2016). Microfertilizers and corn. *Farmer the Ukrainian*. № 5(77). P. 68–69.
18. Yeshchenko V.O., Kopytko P.G., Kostogryz P.V., Opryshko V.P. (2014). Fundamentals of Scientific Research in Agronomy: Textbook. 2nd edition, revised and expanded. Vinnytsia: PP “TD Edelweiss and K.”. 332 p.
19. Rozhkov A.O., Puzik V.K., Kalenska S.M. and other (2016). Research case in agronomy: educational manual: in 2 books. Book 1. Theoretical aspect of the research case. Kharkiv: Maidan, 316 p.
20. Filippov G.L., Cherchel V.Yu., Maksimova L.O. (2015). Evaluation of corn genotypes for resistance to crop thickening. *Agronomist*. № 1(47), February. P. 28–29.
21. Smetanska I.M. (2000). Physiological and agrochemical aspects of yield formation and quality of corn for silage. Collection of scientific works of the VDAU. Vinnytsia. Issue 7. P. 57–65.

V.O. Storozhenko, post-graduate student

A.A. Rozhkov, doctor of agricultural sciences, professor

State biotechnological university

Kharkiv, Ukraine

Dynamics of leaf area formation in corn hybrids of different maturity groups depending on foliar fertilization

The results of two years of research on the effect of foliar fertilization on the dynamics of leaf area formation in corn hybrids of different maturity groups: P 7818, DKS 3730, and DKS 4541 are presented.

Formulation of the problem. Research into the possibility of regulating the formation of the leaf surface of corn crops through foliar feeding will significantly improve the accumulation of plastic substances in the process of photosynthetic activity of crops. That is why research in this area is relevant and timely.

The aim of the research was to determine the effect of foliar feeding with products of different bases on the dynamics of leaf area formation and the size of the rolled leaf of corn hybrids of different maturity groups.

Research methods. A two-factor field experiment was set up using the split-plot method in four replicates. The first-order plots (factor A) consisted of three modern corn hybrids of different maturity groups: early-maturing P 7818 (FAO 240); medium-early DKS 3730 (FAO 280) and medium-maturing DKS 4541 (FAO 380).

The second-order plots were seven variants of foliar feeding with various combinations of water-soluble fertilizers and stimulants-antistressants: I – control (spraying of experimental plots with water); II – foliar feeding with a mixture of urea (N_{10}) and Nanovit complex fertilizer (1.5 l/ha) in the 14-16 microphase; III – foliar feeding with a mixture of urea (N_{10}) and Nanovit complex fertilizer (1.5 l/ha) in the 16-18th microphase; IV – II + III; V – foliar feeding with a mixture of urea (N_{10}) and Nanovit complex fertilizer (1.5 l/ha) and Quantum AminoMax anti-stress agent (1.0 l/ha) during the 14-16th and 16-18th microphases; VI – V + addition to the tank solution during the first feeding of zinc fertilizer Partner (1.0 l/ha); VII – V + addition to the tank solution during the first and second feeding of zinc fertilizer Partner (1.0 l/ha). The area of the sowing plot was 140 m², and the accounting area was 100 m².

Research results. It has been established that both the maturity group of hybrids and foliar fertilization affect the leaf area of corn crops. Among the hybrids studied, the medium-maturing hybrid DKS 454 formed the largest leaf area in all phases of the study. In particular, during the 33rd, 65th, 75th, and 85th microphases according to the BBCH classification, the leaf area of this hybrid averaged 25.9 thousand m²/ha, 37.6, 35.1, and 31.6 thousand m²/ha, respectively, over the years.

All studied variants of two foliar feedings ensured the formation of a significantly higher leaf surface area of all corn hybrids during the 33rd, 65th, 75th, and 85th micro-phases, with the largest area observed in the variants of two foliar feedings during the 14-16th and 16-18th microphases with a mixture of urea at a dose of 21 kg/ha, Nanovit complex fertilizer at a dose of 1.5 l/ha, and Quantum AminoMax stimulant-antistressant at a dose of 1.0 l/ha. The increase in leaf area of the studied corn hybrids in all phases of the study compared to the control was 12–15%. The addition of Partner zinc fertilizer to this solution did not provide a further increase in leaf area for any of the studied hybrids.

The area of the attached leaf of all corn hybrids was largest in the variants of foliar feeding with a combination of all products (urea, Nanovit, Quantum AminoMax, Partner), while it did not differ significantly from the variant where a solution of three products was applied (without the addition of Partner zinc fertilizer). In these variants, the area of the

attached leaf of corn hybrids P 7818, DKS 3730, and DKS 4541 averaged 420.7-421.6 cm², 541.6-545.6 cm², and 547.0-550.1 cm², respectively, over two years of research.

Conclusions. Therefore, in order to form a larger leaf surface area of crops, which creates more favorable conditions for the formation of higher corn grain yields of different maturity groups, it is advisable to carry out two foliar feedings during the 14-16 and 16-18 microphases according to the international BBCH classification with a solution of urea at a dose of N10, complex water-soluble fertilizer Nanovit at a dose of 1.5 l/ha, and stimulator-antistressant Quantum AminoMax 200 at a dose of 1.0 l/ha.

Keywords: corn, hybrid, growth stimulants, water-soluble fertilizers, anti-stress agent, foliar feeding, leaf area

УДК 631.5.53.04.8:633.852

DOI 10.5281/zenodo.18494010

О.І. Поляков, д-р с.-г. наук, ст. наук. співробітник

Д.І. Фостащенко, аспірант

Інститут олійних культур НААН, Запоріжжя, Україна

ЗМІНА ПОКАЗНИКІВ ПРОДУКТИВНОСТІ СОРТІВ РИЖІЮ ЯРОГО ПІД ВПЛИВОМ ДОДАТКОВОГО ЖИВЛЕННЯ ЗА РІЗНИХ СПОСОБІВ СІВБИ

За даними трирічних досліджень встановлено вплив мінеральних добрив та регуляторів росту за різних способів сівби на продуктивність сортів рижію ярого. Показники кількості насінин на рослині рижію ярого більшими були за сівби з міжряддям 70 см у обох сортів. Під впливом мінеральних добрив та регуляторів росту їх значення зростали відповідно на: 1–20 та 1–18 шт. для сорту Престиж; 1–37 та 1–32 шт. для сорту Славутич.

Маса насіння з рослини рижію ярого, залежно від варіанту застосування мінеральних добрив та регуляторів росту більшою була за сівби з міжряддям 70 см на 0,04–0,06 г у сорту Престиж та 0,06–0,08 г у сорту Славутич. Під впливом мінеральних добрив та регуляторів росту показники маси насіння з рослини рижію ярого збільшились на: 0,01–0,07 та 0,01–0,04 г для обох сортів.

Показники маси 1000 насінин рижію ярого сортів Престиж та Славутич більшими були на 0,03–0,08 та 0,02–0,05 г за ширококільного способу сівби. Під дією мінеральних добрив маса 1000 насінин зросла на: 0,02–0,14 г у сорту Престиж та 0,01–0,10 г у сорту Славутич. Під впливом регуляторів росту показники маси 1000 насінин залежно від фону живлення та способу сівби зросли на: 0,01–0,04 г у сорту Престиж та 0,01–0,03 г у сорту Славутич.

Найбільшу врожайність рижію ярого сортів Престиж – 1,32 т/га та Славутич – 1,40 т/га отримано за сівби з шириною міжрядь 15 см на фоні внесення мінеральних добрив в дозі N₄₀P₄₀K₄₀ з обприскуванням посівів регулятором росту Рост-концентрат у фазу розетки. Приріст урожайності становив 0,02–0,21 т/га від застосування мінеральних добрив та 0,02–0,11 т/га від застосування регуляторів росту.

Ключові слова: рижій ярий, сорт, спосіб сівби, мінеральне добриво, регулятор росту рослин, елемент продуктивності, врожайність.

Вступ. Рижій ярий привертає увагу вітчизняних сільгоспвиробників завдяки своїй невибагливості, скоростиглості, стабільній врожайності, великій пластичності і придатності до різних ґрунтово-кліматичних умов. Посівна площа рижію ярого в Україні становить близько 5,0 тис. га. Короткий вегетаційний період дає змогу рослинам ефективно використовувати запаси вологи й формувати врожай за рахунок опадів у період вегетації [1].

Рижій ярий в достатній мірі вимогливий до поживного режиму ґрунту, який можливо регулювати за рахунок внесення мінеральних добрив, що дозволить максимально вплинути на рівень його продуктивності. Для підвищення врожайності рижію ярого необхідне використання сучасних технологій його вирощування, які насамперед базуються на впровадженні високопродуктивних сортів, науково-обґрунтованому застосуванні мінеральних добрив та регуляторів росту. Доведено, що додаткове живлення має значний вплив на елементи продуктивності, врожайність та конкурентоспроможність насіння рижію посівного [2, 3, 4].

Також, важливим елементом новітніх технологій є оптимальне просторове розміщення рослин у посіві, що визначається шириною міжряддя. За оптимального стеблостою рослини раціонально використовують поживні речовини, воду та світло, створюються сприятливі умови для росту та розвитку, підвищується продуктивність посіву.

Метою досліджень було встановлення особливостей формування продуктивності рижію ярого під впливом мінеральних добрив, регуляторів росту рослин та способів сівби в умовах Південного Степу України.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питаннями впливу додаткового живлення на ріст, розвиток та формування продуктивності рижію ярого займалися дослідники Інституту олійних культур, України та світу.

В попередніх дослідженнях в Інституті олійних культур встановлено, що приріст врожайності при застосуванні біопрепаратів по відношенню до контролю (1,12 т/га) становив 0,05–0,30 т/га. Найбільша урожайність рижію ярого сорту Степовий 1 – 1,38 т/га отримана при внесенні в ґрунт Дефенса V в дозі 1,5 л/га з обробкою насіння Дефенсом IV в дозі 600 мл/т та обприскуванням посівів Дефенсом VI в дозі 1,5 л/га [3]. В подальшому Вахненко С. В. визначила вплив різних доз мінеральних добрив на продуктивність рижію ярого сорту Степовий 1. Найбільша урожайність – 1,53 т/га та вихід олії – 508 кг/га отримані при внесенні мінеральних добрив в дозі N₃₀P₉₀. Застосування мінеральних

добрих сприяло підвищенню урожайності ріжю ярого сорту Степовий 1 на 0,07–0,31 т/га [5].

Також реакцію ріжю ярого на додаткове живлення за вирощування в умовах Південного Степу України досліджували Гамаюнова В. В. та Москва І. С. Вони довели, що передпосівне оброблення насіння збільшує врожайність ріжю ярого сорту Степовий 1 на 54–56 %, а сумісно з проведенням трьох підживлень рослин протягом вегетації – практично в 4 рази (до 1,50 т/га в порівнянні з контролем – 0,39 т/га) [6, 7, 8].

Вченими Миколаївського НАУ визначено, що за оптимізації живлення рослин ріжю ярого на засадах ресурсозбереження істотно зростає рівень урожайності насіння. Так, якщо в абсолютному контролі у середньому за три роки досліджень сформовано 3,9 ц/га насіння, то вже навіть за оброблення насіння перед сівбою Мочевин-К2 або Ескортом-Біо вона зросла до 6,0 та 6,5 ц/га відповідно, а з проведенням позакореневих підживлень у всі три основні періоди вегетації ріжю ярого по фону внесення $N_{15}P_{15}K_{15}$ і оброблення насіння – урожайність досягла свого максимуму – до 11,8–15,5 ц/га залежно від варіанта [9].

Для інших ґрунтово-кліматичних зон країни, також, доведена позитивна реакція ріжю ярого на додаткове живлення. Так, в умовах Лісостепу Рассадіна І. Ю. встановила, що внесення мінеральних добрив нормою $N_{120}P_{60}K_{60}$ забезпечує найвищу врожайність ріжю ярого, яка становить 2,01 т/га і перевищує урожайність на контролі на 55 % [10]. Окреме внесення мінеральних добрив в умовах Передкарпаття підвищує врожайність ріжю ярого на 56–87 %, а в поєднанні з трьома додатковими підживленнями рослин протягом вегетаційного періоду – майже в 4 рази (до 1,99 т/га, що на 0,96 т/га більше, ніж у контролі) [11, 12].

В умовах Західного Лісостепу урожайність насіння ріжю ярого сорту Міраж під впливом мінеральних добрив підвищилась з 1,28 т/га на варіанті без добрив до 2,44 т/га на варіанті з внесенням $N_{120}P_{60}K_{120}$, тобто зросла на 1,16 т/га, або на 90,1 % [13]. Кононенко Л. М. визначив, що в умовах Правобережного Лісостепу отримано найвищу врожайність ріжю ярого: сорту Зевс – 2,31; сорту Гірський – 2,15; сорту Міраж – 2,27 та сорту Славутич – 2,22 т/га [14].

Для умов Прикарпаття Григорів Я.Я. встановив, що кращі показники елементів продуктивності та врожайності отримано за умови застосування фосфорних і калійних мінеральних добрив. Найвищі значення отримано на ділянках із внесенням мінеральних добрив у дозі $N_{30}P_{45}K_{45}+N_{60}$ [15]. Підвищення рівня врожайності ріжю ярого під впливом мінерального живлення відмічено вченими інших країн світу. В умовах навчальної станції Банатського університету сільськогосподарських наук та ветеринарної медицини у Тімішоарі

(Румунія) врожайність рижію ярого коливалася від 932 кг/га у контрольному варіанті (без добрив) до 1813 кг/га (у варіанті з удобренням $N_{100}P_{60}$) [16].

Результати досліджень в умовах південно-центральної частини Чилі засвідчили, що рижій позитивно реагує на високі норми внесення азоту. Максимальна врожайність насіння 2,39 т/га отримана за внесення 300 кг N/га [17]. При дослідженні способів сівби в ґрунтово-кліматичних умовах Туреччині посів проводили з міжряддями 15, 30 і 45 см., з подальшим залишенням відстані між рослинами в рядках 5, 10 і 15 см. Найвищу врожайність отримали при міжрядді 15 см, незалежно від відстані між рослинами в рядках, з деякою тенденцією загушення в рядку [18].

Методика досліджень. Дослід проводили у 2023–2025 рр. на дослідному полі Інституту олійних культур Національної академії аграрних наук України. Ґрунт дослідної ділянки – чорнозем звичайний, середньопотужний малогумусний, з вмістом гумусу в орному шарі до 30 см – 3,5 %, доступного азоту – 7,2–8,5, рухомого фосфору – 9,6–10,3, рухомого калію – 15,2–16,9 мг/100 г ґрунту, рН ґрунтового розчину 6,5–7,0. Сівбу рижію ярого сортів Престиж та Славутич проводили в оптимальний строк (за температури ґрунту 4–6 °C) з шириною міжрядь 15 см із нормою висіву 5,0 млн. схожих насінин на гектар та з шириною міжрядь 70 см із нормою висіву 3,0 млн. схожих насінин на гектар. Варіанти застосування мінеральних добрив: 1 – Контроль (без добрив); 2 – $N_{20}P_{30}$; 3 – $N_{30}P_{60}$; 4 – $N_{40}P_{40}K_{40}$. Мінеральні добрива вносили під передпосівну культивування. Варіанти застосування регуляторів росту рослин: 1 – Контроль (обприскування водою 200 л/га); 2 – Рост-концентрат (1,0 л/га); 3 – Хелатин олійні (1,5 л/га); 4 – Aminostar (0,5 л/га). Обприскування посівів проводили у фазу розетки.

Повторність у досліді триразова. Розміщення ділянок – послідовне. Закладання дослідів, облік, вимірювання та супутні спостереження проводили за методиками польових дослідів [19, 20]. Дисперсійний аналіз здійснювали в програмному пакеті Microsoft Excel на основі методик викладених Рожковим А.О. та ін. [21].

Результати досліджень та їх обговорення. За результатами наших досліджень показники кількості насінин з рослини рижію ярого в середньому за три роки більшими були за сівби з міжряддям 70 см і дорівнювали, залежно від варіанту застосування мінеральних добрив та регуляторів росту: 222–248 шт. у сорту Престиж та 384–430 шт. у сорту Славутич. В посівах з шириною міжрядь 15 см кількість насінин на рослині зменшилась до: 195–224 шт. у сорту Престиж та 338–374 шт. у сорту Славутич. Під впливом мінеральних добрив кількість насінин збільшилась: з 195–213 шт. у сорту Престиж та 338–354 шт. у сорту Славутич на фоні без добрив до 213–224 або на 11–18 шт. у сорту

Престиж та 364–374 або на 16–26 шт. у сорту Славутич на фоні $N_{40}P_{40}K_{40}$ за ширини міжрядь 15 см; з 222–238 шт. у сорту Престиж та 384–416 шт. у сорту Славутич на фоні без добрив до 241–248 або на 9–19 шт. у сорту Престиж та 421–424 або 8–37 шт. у сорту Славутич на фоні $N_{40}P_{40}K_{40}$ за ширини міжрядь 70 см. Застосування регуляторів росту сприяло збільшенню кількості насінин на рослині на: 3–18 шт. за рядкового способу сівби та 1–16 шт. за широкорядного для сорту Престиж; 1–27 шт. за рядкового способу сівби та 1–32 шт. за широкорядного для сорту Славутич (табл. 1).

1. Кількість насінин на рослині рижію ярого залежно від фону мінеральних добрив, способу сівби та застосування регуляторів росту по сортах, шт. (2023–2025)

Застосування мінеральних добрив (B)	Застосування регуляторів росту (D)	Престиж (C)		Славутич	
		Ширина міжрядь, см (A)		Ширина міжрядь, см	
		15	70	15	70
Без добрив	Без препаратів	195	222	338	384
	Рост-концентрат	213	238	354	410
	Хелатин олійні	203	227	352	408
	Aminostar	207	236	349	416
$N_{20}P_{30}$	Без препаратів	198	226	342	402
	Рост-концентрат	216	242	369	413
	Хелатин олійні	202	235	348	400
	Aminostar	211	235	352	397
$N_{30}P_{60}$	Без препаратів	215	239	356	412
	Рост-концентрат	218	239	362	430
	Хелатин олійні	215	236	361	422
	Aminostar	215	240	357	417
$N_{40}P_{40}K_{40}$	Без препаратів	213	241	364	421
	Рост-концентрат	224	247	373	421
	Хелатин олійні	218	243	374	422
	Aminostar	223	248	365	424
НІР ₀₉₅ , A – 2,1–24,2; B – 2,9–17,1; C – 2,1–17,1; D – 2,9–24,2; ABCD – 11,8–96,9.					

Маса насіння з рослини рижію ярого, залежно від варіанту застосування мінеральних добрив та регуляторів росту за обох способів сівби становила: 0,29–0,41 г у сорту Престиж та 0,30–0,44 г у сорту Славутич. Більшою вона була за сівби з міжряддям 70 см на 0,04–0,06 г у сорту Престиж та 0,06–0,08 г у сорту Славутич. Під впливом мінеральних добрив показники маси насіння з рослини рижію ярого збільшились на: 0,01–0,05 г у сорту Престиж та 0,01–0,06 г у сорту Славутич за рядкового способу сівби; 0,01–0,07 г у сорту Престиж та 0,02–0,07 г у сорту Славутич за широкорядного способу сівби. Відмічено збільшення маси насіння з рослини рижію ярого під впливом регуляторів

росту на: 0,01–0,03 г для сорту Престиж та 0,01–0,04 г для сорту Славутич за рядкового способу сівби; 0,01–0,04 г для сорту Престиж та 0,01–0,03 г для сорту Славутич за широкорядного способу сівби (табл. 2).

За результатами проведених досліджень встановлено вплив мінеральних добрив та регуляторів росту за рядкового та широкорядного способів сівби на показники маси 1000 насінин ріжю ярого. Так, за вирощування з шириною міжрядь 15 см, під дією мінеральних добрив маса 1000 насінин зроста по відношенню до

2. Маса насіння з рослини ріжю ярого залежно від фону мінеральних добрив, способу сівби та застосування регуляторів росту по сортах, г (2023–2025)

Застосування мінеральних добрив (B)	Застосування регуляторів росту (D)	Престиж (C)		Славутич	
		Ширина міжрядь, см (A)		Ширина міжрядь, см	
		15	70	15	70
Без добрив	Без препаратів	0,29	0,33	0,30	0,36
	Рост-концентрат	0,32	0,37	0,33	0,39
	Хелатин олійні	0,30	0,35	0,32	0,39
	Aminostar	0,31	0,36	0,32	0,39
N ₂₀ P ₃₀	Без препаратів	0,30	0,35	0,31	0,38
	Рост-концентрат	0,33	0,38	0,35	0,41
	Хелатин олійні	0,31	0,37	0,33	0,39
	Aminostar	0,32	0,37	0,32	0,39
N ₃₀ P ₆₀	Без препаратів	0,34	0,38	0,35	0,41
	Рост-концентрат	0,35	0,39	0,36	0,44
	Хелатин олійні	0,34	0,38	0,35	0,43
	Aminostar	0,34	0,39	0,35	0,42
N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀	Без препаратів	0,34	0,40	0,36	0,43
	Рост-концентрат	0,36	0,41	0,38	0,44
	Хелатин олійні	0,35	0,40	0,37	0,44
	Aminostar	0,36	0,41	0,37	0,44
НІР ₀₉₅ , A – 0,010–0,020; B – 0,007–0,014; C – 0,007–0,010; D – 0,010–0,020; ABCD – 0,042–0,060.					

контролю (без добрив) – 1,47–1,50 г у сорту Престиж та 0,90–0,93 г у сорту Славутич на: 0,02–0,04 г у сорту Престиж та 0,01–0,03 г у сорту Славутич за дози N₂₀P₃₀; 0,09 г у сорту Престиж та 0,06–0,07 г у сорту Славутич за дози N₃₀P₆₀; 0,09–0,12 г у сорту Престиж та 0,09–0,10 г у сорту Славутич за дози N₄₀P₄₀K₄₀. За вирощування з шириною міжрядь 70 см, під дією мінеральних добрив маса 1000 насінин зроста по відношенню до контролю (без добрив) – 1,50–1,54 г у сорту Престиж та 0,93–0,96 г у сорту Славутич на: 0,04–0,05 г у сорту Престиж та 0,01–0,04 г у сорту Славутич за дози N₂₀P₃₀; 0,10 г у сорту Престиж та 0,06–0,09 г у сорту Славутич за дози N₃₀P₆₀; 0,13–0,14 г у сорту Престиж

та 0,08–0,10 г у сорту Славутич за дози $N_{40}P_{40}K_{40}$. Під впливом регуляторів росту показники маси 1000 насінин залежно від фону живлення та способу сівби зросли на: 0,01–0,04 г у сорту Престиж та 0,01–0,03 г у сорту Славутич (табл. 3). Маса 1000 насінин рижію ярого сортів Престиж та Славутич більшою була на 0,03–0,08 та 0,02–0,05 г відповідно за широкорядного способу сівби. Найбільші значення маси 1000 насінин для сорту Престиж 1,67 г та для сорту Славутич 1,05 г отримано за широкорядного способу сівби, за внесення мінеральних добрив в дозі $N_{40}P_{40}K_{40}$ та позакореневого підживлення посівів регулятором росту Рост-концентрат.

3. Маса 1000 насінин рижію ярого залежно від фону мінеральних добрив, способу сівби та застосування регуляторів росту по сортах, г (2023–2025)

Застосування мінеральних добрив (B)	Застосування регуляторів росту (D)	Престиж (C)		Славутич	
		Ширина міжрядь, см (A)		Ширина міжрядь, см	
		15	70	15	70
Без добрив	Без препаратів	1,47	1,50	0,90	0,93
	Рост-концентрат	1,50	1,54	0,93	0,96
	Хелатин олійні	1,48	1,52	0,91	0,95
	Aminostar	1,48	1,52	0,91	0,93
$N_{20}P_{30}$	Без препаратів	1,50	1,55	0,92	0,95
	Рост-концентрат	1,52	1,58	0,94	0,98
	Хелатин олійні	1,52	1,56	0,94	0,96
	Aminostar	1,52	1,56	0,92	0,97
$N_{30}P_{60}$	Без препаратів	1,56	1,60	0,97	1,00
	Рост-концентрат	1,59	1,64	0,99	1,02
	Хелатин олійні	1,57	1,62	0,98	1,01
	Aminostar	1,57	1,62	0,97	1,02
$N_{40}P_{40}K_{40}$	Без препаратів	1,58	1,64	1,00	1,02
	Рост-концентрат	1,59	1,67	1,02	1,05
	Хелатин олійні	1,59	1,65	1,00	1,03
	Aminostar	1,60	1,66	1,01	1,03

HIP₀₉₅, A – 0,012–0,113; B – 0,017–0,080; C – 0,012–0,080; D – 0,017–0,113; ABCD – 0,070–0,452.

В середньому за три роки досліджень рівень урожайності рижію ярого на контролі (без добрив) становив, залежно від варіанту застосування регуляторів росту: 1,06–1,17 т/га за рядкового способу сівби та 0,85–0,93 т/га за широкорядного у сорту Престиж; 1,12–1,23 т/га за рядкового способу сівби та 0,90–0,99 т/га за широкорядного у сорту Славутич. При цьому, приріст врожайності від регуляторів росту дорівнював відповідно: 0,04–0,11; 0,04–0,08; 0,04–0,11; 0,05–0,09 т/га (табл. 4).

4. Урожайність ріжню ярого залежно від фону мінеральних добрив, способу сівби та застосування регуляторів росту по сортах, т/га (2023–2025)

Засто- сування мінераль- них добрив (В)	Засто- сування регуля- торів росту (D)	Ширина міжрядь, см (А)					
		15			70		
		Урожай- ність, т/га	Приріст від добрив	Приріст від регуля- торів росту	Урожай- ність, т/га	Приріст від добрив	Приріст від регуля- торів росту
Престиж (С)							
Без добрив	1	1,06	-	-	0,85	-	-
	2	1,17	-	0,11	0,93	-	0,08
	3	1,11	-	0,05	0,89	-	0,04
	4	1,10	-	0,04	0,90	-	0,05
N ₂₀ P ₃₀	1	1,10	0,04	-	0,88	0,03	-
	2	1,19	0,02	0,09	0,95	0,02	0,07
	3	1,15	0,04	0,05	0,92	0,03	0,04
	4	1,14	0,04	0,04	0,93	0,03	0,05
N ₃₀ P ₆₀	1	1,22	0,16	-	0,96	0,11	-
	2	1,28	0,11	0,06	1,01	0,08	0,05
	3	1,25	0,14	0,03	0,98	0,09	0,02
	4	1,25	0,15	0,03	0,99	0,09	0,03
N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀	1	1,27	0,21	-	1,01	0,16	-
	2	1,32	0,15	0,05	1,06	0,13	0,05
	3	1,29	0,18	0,02	1,04	0,15	0,03
	4	1,30	0,20	0,03	1,03	0,13	0,02
Славутич							
Без добрив	1	1,12	-	-	0,90	-	-
	2	1,23	-	0,11	0,99	-	0,09
	3	1,18	-	0,06	0,95	-	0,05
	4	1,16	-	0,04	0,95	-	0,05
N ₂₀ P ₃₀	1	1,16	0,04	-	0,94	0,04	-
	2	1,27	0,04	0,11	1,01	0,02	0,07
	3	1,21	0,03	0,05	0,97	0,02	0,03
	4	1,20	0,04	0,04	0,99	0,04	0,05
N ₃₀ P ₆₀	1	1,26	0,14	-	1,03	0,13	-
	2	1,33	0,10	0,07	1,09	0,10	0,06
	3	1,30	0,12	0,04	1,06	0,11	0,03
	4	1,29	0,13	0,03	1,06	0,11	0,03
N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀	1	1,33	0,21	-	1,07	0,17	-
	2	1,40	0,17	0,07	1,11	0,12	0,04
	3	1,37	0,19	0,04	1,09	0,14	0,02
	4	1,36	0,20	0,03	1,09	0,14	0,02
НІР ₀₉₅ , А – 0,010–0,020; В – 0,012–0,014; С – 0,010–0,014; D – 0,014–0,020; ABCD – 0,056–0,080.							

НІР₀₉₅, А – 0,010–0,020; В – 0,012–0,014; С – 0,010–0,014; D – 0,014–0,020; ABCD – 0,056–0,080.

Вирощування ріжню ярого на фоні N₂₀P₃₀ забезпечило приріст врожайності: 0,02–0,04 т/га за рядкового способу сівби та 0,02–0,03 т/га

за широкорядного у сорту Престиж; 0,03–0,04 т/га за рядкового способу сівби та 0,02–0,04 т/га за широкорядного у сорту Славутич. Обприскування посівів регуляторами росту на цьому фоні сприяло збільшенню врожайності відповідно на: 0,04–0,09; 0,04–0,07; 0,04–0,11; 0,03–0,07 т/га. За внесення добрив в дозі $N_{30}P_{60}$ отримали приріст врожайності: 0,11–0,16 т/га за рядкового способу сівби та 0,08–0,11 т/га за широкорядного у сорту Престиж; 0,10–0,14 т/га за рядкового способу сівби та 0,10–0,13 т/га за широкорядного у сорту Славутич. Приріст від регуляторів росту дорівнював: 0,03–0,06; 0,02–0,05; 0,03–0,07; 0,03–0,06 т/га. Вирощування ріжю ярого на фоні $N_{40}P_{40}K_{40}$ забезпечило найбільший приріст врожайності від мінеральних добрив: 0,15–0,21 т/га за рядкового способу сівби та 0,13–0,16 т/га за широкорядного у сорту Престиж; 0,17–0,21 т/га за рядкового та 0,12–0,17 т/га за широкорядного у сорту Славутич. На фоні повного добрива приріст від регуляторів росту становив: 0,02–0,05; 0,02–0,05; 0,03–0,07; 0,02–0,04 т/га.

Найбільшу врожайність ріжю ярого сортів Престиж – 1,32 т/га та Славутич – 1,40 т/га отримано за сівби з шириною міжрядь 15 см на фоні внесення мінеральних добрив в дозі $N_{40}P_{40}K_{40}$ з обприскуванням посівів регулятором росту Рост-концентрат у фазу розетки.

Висновки. За даними досліджень встановлено вплив мінеральних добрив та регуляторів росту за різних способів сівби на продуктивність сортів ріжю ярого.

Показники кількості насінин на рослині ріжю ярого більшими були за сівби з міжряддям 70 см у обох сортів. Під впливом мінеральних добрив та регуляторів росту їх значення зростали відповідно на: 1–20 та 1–18 шт. для сорту Престиж; 1–37 та 1–32 шт. для сорту Славутич.

Маса насіння з рослини ріжю ярого, залежно від варіанту застосування мінеральних добрив та регуляторів росту більшою була за сівби з міжряддям 70 см на 0,04–0,06 г у сорту Престиж та 0,06–0,08 г у сорту Славутич. Під впливом мінеральних добрив та регуляторів росту показники маси насіння з рослини ріжю ярого збільшились на: 0,01–0,07 та 0,01–0,04 г для обох сортів.

Показники маси 1000 насінин ріжю ярого сортів Престиж та Славутич більшими були на 0,03–0,08 та 0,02–0,05 г за широкорядного способу сівби. Під дією мінеральних добрив маса 1000 насінин зросла на: 0,02–0,14 г у сорту Престиж та 0,01–0,10 г у сорту Славутич. Під впливом регуляторів росту показники маси 1000 насінин залежно від фону живлення та способу сівби зросли на: 0,01–0,04 г у сорту Престиж та 0,01–0,03 г у сорту Славутич.

Найбільшу врожайність ріжю ярого сортів Престиж – 1,32 т/га та Славутич – 1,40 т/га отримано за сівби з шириною міжрядь 15 см на фоні

внесення мінеральних добрив в дозі $N_{40}P_{40}K_{40}$ з обприскуванням посівів регулятором росту Рост-концентрат у фазу розетки. Приріст урожайності становив 0,02–0,21 т/га від застосування мінеральних добрив та 0,02–0,11 т/га від застосування регуляторів росту.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Москва І. С. Стан та перспективи вирощування рижію ярого на півдні Степу України. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2016. Вип. 1. С. 99–109.
2. Hryhoriv Y, Lyshenko M, Butenko A, Nechyporenko V, Makarova V, Mikulina M, Bahorka M, Tymchuk D, Samoshkina I, Torianyk I Competitiveness and Advantages of Camelina sativa on the Market of Oil Crops. *Ecological Engineering & Environmental Technology*. 2023. 24(4). P. 97–103 DOI: 10.12912/27197050/161956
3. Вахненко С. В., Поляков О. І. Формування продуктивності рижію ярого при застосуванні біостимуляторів та регуляторів росту рослин в умовах Південного Степу України. *Науково-технічний бюл. ІОК НААН*. 2011. Вип. 16. С. 103–107.
4. Шевченко І. А., Поляков О. І., Ведмедєва К. В., Комарова І. Б. Рижій, сафлор, кунжут. Стратегія виробництва олійної сировини в Україні (малопоширені культури). *Інститут олійних культур НААН України*. Запоріжжя: СТАТУС, 2017. 40 с.
5. Вахненко С. В. Ефективність застосування мінеральних добрив при вирощуванні рижію ярого в умовах Степу України. *Науково-технічний бюл. ІОК НААН*. 2014. Вип. 21. С. 80–83.
6. Гамаюнова В. В., Москва І. С. Продуктивність рижію ярого на чорноземі південному під впливом сучасних регуляторів росту. *Збірник наукових праць Національного наукового центру «Інститут землеробства НААН»*. 2016. № 1. С. 75–82.
7. Гамаюнова В. В., Москва І. С. Складові структури та врожайність насіння рижію ярого на півдні Степу України. *Вісник Житомирського національного агроекологічного університету*. 2017а. № 2 (61). С. 29–34.
8. Гамаюнова В. В., Москва І. С. Вплив регуляторів росту на площу листової поверхні рижію ярого. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2017б. № 3. С. 82–92.
9. Гамаюнова В. В., Москва І. С., Аверчев О. В. Економічна ефективність вирощування рижію ярого за оптимізації живлення в умовах Південного Степу України. *Таврійський науковий вісник. Землеробство, рослинництво, овочівництво та багданництво*. 2018. № 104. С. 27–34.

10. Расадіна І. Ю. Ефективність використання мінеральних добрив під ярий ячмінь на вилугованому чорноземі. *Агрохімія та ґрунтознавство*. 2015. т. 83 С. 107–110.

11. Григорів Ю., Бутенко А., Нечипоренко В., Лищенко М., Устик Т., Зубко В., Макаренко Н., Муштай В. Економічна ефективність вирощування рижію посівного з оптимізацією живлення в умовах Передкарпаття України. *Журнал сільськогосподарських наук*. 2021. № 32(2) С. 232–238 DOI: 10.15159/jas.21.33

12. Григорів Ю., Бутенко А., Козак М., Татарінова В., Бондаренко О., Ноздріна Н., Ставицький А., Бордун Р. Структурні компоненти та врожайність *Camelina sativa* в Україні. *Сільське та лісове господарство*. 2022. № 68(3). С. 93–102 DOI: 10.17707/AgricultForest.68.3.07

13. Лихочвор А. М. Урожайність рижії ярогого і олійних культур в умовах Західного Лісостепу. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Ахрономія і біологія*. 2017 № 2 (33) С. 117–120.

14. Кононенко Л. М. Продуктивність рижію і ріпаку ярого залежно від сортових особливостей у Правобережному Лісостепу України. *Наукові праці інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2021. Вип. 29. С. 160–168 DOI: 10.47414/nr.29.2021.247437

15. Григорів Я.Я. Економічна ефективність вирощування рижію ярого в умовах Прикарпаття. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2012 № 1. С. 198–200.

16. Imbrea F, Jurcoane S, Halmajan H, Duda M, Botos L *Camelina sativa*: a new source of vegetal oils. *Romanian Biotechnological Letters*. 2011. 16(3) P. 6263–6270.

17. Solis A, Vidal I, Paulino L, Johnson BL, Berti MT *Camelina* seed yield response to nitrogen, sulfur, and phosphorus fertilizer in South Central Chile. *Industrial Crops and Products*. 2013. 44. P. 132–138 DOI:10.1016/j.indcrop.2012.11.005

18. Ozer H. Влияние густоты стояния растений на рост, урожай и компонентов урожая. Реферативный журнал. Турция, 2004. JST 6. С. 70.

19. Рожков А. О., Пузік В. К., Каленська С. М., Пузік Л. М., Попов С. І., Музафаров Н. М., Бухало В. І., Криштоп Є. А. Теоретичні аспекти дослідної справи. Харків: Майдан. 2016а. 316 с.

20. Сайко В. Ф., Камінський В. Ф., Вишнівський П. С., Губенко Л. В., Корнійчук М. С., Буслаєва Н. Х., Шляхтуров Д. С. Особливості проведення досліджень із хрестоцвітими олійними культурами. Київ. 2011. 76 с.

21. Рожков А. О., Пузік В. К., Каленська С. М., Пузік Л. М., Попов С. І., Музафаров Н. М., Бухало В. І., Криштоп Є. А. Статистична обробка результатів ахрономічних досліджень. Харків: Майдан. 2016б. 342 с.

REFERENCES

1. Moskva I. S. Status and prospects of growing red spring wheat in the south of the Ukrainian Steppe. Bulletin of the Agricultural Science of the Black Sea Region. 2016. Issue 1. Pp. 99–109.

2. Hryhoriv Y, Lyshenko M, Butenko A, Nechyporenko V, Makarova V, Mikulina M, Bahorka M, Tymchuk D, Samoshkina I, Torianyk I Competitiveness and Advantages of Camelina sativa on the Market of Oil Crops. *Ecological Engineering & Environmental Technology*. 2023. 24(4). P. 97–103 DOI: 10.12912/27197050/161956

3. Vakhnenko S. V., Polyakov O. I. Formation of productivity of spring red when using biostimulants and plant growth regulators in the conditions of the Southern Steppe of Ukraine. Scientific and Technical Bulletin of the Institute of Oilseeds of the National Academy of Sciences of Ukraine. 2011. Issue 16. P. 103–107.

4. Shevchenko I. A., Polyakov O. I., Vedmedieva K. V., Komarova I. B. Red, safflower, sesame. Strategy for the production of oilseeds in Ukraine (uncommon crops). Institute of Oilseeds of the National Academy of Sciences of Ukraine. Zaporizhzhia: STATUS, 2017. 40 p.

5. Vakhnenko S. V. Effectiveness of the use of mineral fertilizers when growing spring red in the conditions of the Steppe of Ukraine. Scientific and Technical Bulletin of the Institute of Oilseeds of the National Academy of Sciences of Ukraine. 2014. Issue 21. P. 80–83.

6. Hamaiunova V. V., Moskva I. S. Productivity of red spring wheat on southern black soil under the influence of modern growth regulators. Collection of scientific papers of the National Scientific Center "Institute of Agriculture of the NAAS". 2016. No. 1. P. 75–82.

7. Hamaiunova V. V., Moskva I. S. Component structures and yield of red spring wheat seeds in the south of the Steppe of Ukraine. Bulletin of the Zhytomyr National Agroecological University. 2017a. No. 2 (61). P. 29–34.

8. Hamaiunova V. V., Moskva I. S. Influence of growth regulators on the leaf surface area of red spring wheat. Bulletin of the Black Sea Region Agricultural Science. 2017b. No. 3. P. 82–92.

9. Hamaiunova V. V., Moskva I. S., Averchev O. V. Economic efficiency of growing red spring barley with optimization of nutrition in the conditions of the Southern Steppe of Ukraine. Tavria Scientific Bulletin. Agriculture, Plant Growing, Vegetable Growing and Melon Growing. 2018. No. 104. P. 27–34.

10. Rasadina I. Yu. Efficiency of using mineral fertilizers for spring barley on leached black soil. Agrochemistry and Soil Science. 2015. Vol. 83 P. 107–110.

11. Hryhoriv Yu., Butenko A., Nechyporenko V., Lyshenko M., Ustyk T., Zubko V., Makarenko N., Mushtai V. Economic efficiency of growing red spring barley with optimization of nutrition in the conditions of the

Subcarpathian region of Ukraine. Journal of Agricultural Sciences. 2021. No. 32(2) pp. 232–238 DOI: 10.15159/jas.21.33

12. Hryhoriv Yu., Butenko A., Kozak M., Tatarynova V., Bondarenko O., Nozdrina N., Stavytskyi A., Bordun R. Structural components and yield of *Camelina sativa* in Ukraine. Agriculture and forestry. 2022. No. 68(3). P. 93–102 DOI: 10.17707/AgricultForest.68.3.07

13. Lykhochvor A. M. Yield of spring rapeseed and oilseed crops in the conditions of the Western Forest-Steppe. Bulletin of the Sumy National Agrarian University. Agronomy and Biology. 2017 No. 2 (33) P. 117–120.

14. Kononenko L. M. Productivity of spring rapeseed and rapeseed depending on varietal characteristics in the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. Scientific papers of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet. 2021. Issue 29. Pp. 160–168 DOI: 10.47414/np.29.2021.247437

15. Hryhoriv Ya.Ya. Economic efficiency of growing red spring wheat in the conditions of the Carpathian region. Bulletin of the Poltava State Agrarian Academy. 2012 No. 1. P. 198–200.

16. Imbrea F, Jurcoane S, Halmajan H, Duda M, Botos L *Camelina sativa*: a new source of vegetal oils. Romanian Biotechnological Letters. 2011. 16(3) P. 6263–6270.

17. Solis A, Vidal I, Paulino L, Johnson BL, Berti MT *Camelina* seed yield response to nitrogen, sulfur, and phosphorus fertilizer in South Central Chile. *Industrial Crops and Products*. 2013. 44. P. 132–138 DOI:10.1016/j.indcrop.2012.11.005

18. Ozer N. The influence of plant density on growth, yield and yield components. Abstract journal. Turkey, 2004. JST 6. P. 70.

19. Rozhkov A. O., Puzik V. K., Kalenska S. M., Puzik L. M., Popov S. I., Muzafarov N. M., Bukhalo V. I., Kryshchuk Ye. A. Theoretical aspects of the research work. Kharkiv: Maidan. 2016a. 316 p.

20. Saiko V. F., Kaminsky V. F., Vyshnivskyi P. S., Hubenko L. V., Kornichuk M. S., Buslaieva N. Kh., Shliakhturov D. S. Peculiarities of conducting research on cruciferous oilseed crops. Kyiv. 2011. 76 p.

21. Rozhkov A. O., Puzik V. K., Kalenska S. M., Puzik L. M., Popov S. I., Muzafarov N. M., Bukhalo V. I., Kryshchuk Ye. A. Statistical processing of the results of agronomic research. Kharkiv: Maidan. 2016b. 342 p.

O. I. Polyakov, Doctor of Agricultural Sciences, Senior Researcher,

D.I. Fostashchenko, postgraduate

Institute of Oilseed Crops of the National Academy of Agricultural Sciences of Ukraine, Ukraine

Change in productivity indicators of spring camelina varieties under the influence of additional nutrition with different sowing methods

According to three years of research, the influence of mineral fertilizers and growth regulators under different sowing methods on the productivity of spring camelina varieties has been established.

Problem statement. Increasing the yield of spring camelina requires the use of modern cultivation technologies, which are primarily based on the introduction of high-yielding varieties and the scientifically grounded application of mineral fertilizers and growth regulators. An additional important element of advanced technologies is the optimal spatial arrangement of plants in the crop stand, determined by row spacing. The aim of the research was to determine the specific features of productivity formation in spring camelina under the influence of mineral fertilizers, plant growth regulators, and sowing methods in the conditions of the Southern Steppe of Ukraine.

Research methods. The study was conducted in 2023–2025 at the experimental field of the Institute of Oilseed Crops in the Zaporizhzhia district of Zaporizhzhia region. To address the research objectives, a four-factor field experiment was carried out. Factor A – row spacing (2 variants). Factor B – application of mineral fertilizers (4 variants). Factor C – variety (2 variants). Factor D – application of growth regulators (4 variants). The total number of experimental variants was 64. Replication was threefold. The establishment of the experiment, accounting, measurements, and accompanying observations were conducted according to standard field experiment methodologies.

Research results. The number of seeds per plant in spring camelina was higher when sown with 70-cm row spacing in both varieties. Under the influence of mineral fertilizers and growth regulators, this indicator increased by: 1–20 and 1–18 seeds, respectively, for the variety Prestyzh; and by 1–37 and 1–32 seeds for the variety Slavutych. The seed weight per plant of spring camelina, depending on the variant of mineral fertilizer and growth regulator application, was higher under 70-cm row spacing by 0.04–0.06 g in the variety Prestyzh and by 0.06–0.08 g in the variety Slavutych. Under the influence of mineral fertilizers and growth regulators, seed weight per plant increased by 0.01–0.07 g and 0.01–0.04 g, respectively, in both varieties. The 1000-seed weight of spring camelina in the varieties Prestyzh and Slavutych was higher by 0.03–0.08 g and 0.02–0.05 g, respectively, under the wide-row sowing method. Under the influence of mineral fertilizers, the 1000-seed weight increased by 0.02–0.14 g in Prestyzh and by 0.01–0.10 g in Slavutych. Under the influence of growth regulators, the 1000-seed weight increased, depending on the nutrient background and sowing method, by 0.01–0.04 g in Prestyzh and by 0.01–0.03 g in Slavutych.

Conclusions. The highest yield of spring camelina was obtained for the varieties Prestyzh – 1.32 t/ha and Slavutych – 1.40 t/ha when sown with 15-cm row spacing, combined with the application of mineral fertilizers at a rate of $N_{40}P_{40}K_{40}$ and spraying the crop with the growth regulator Rost-koncentrat at the rosette stage. The yield increase amounted to 0.02–0.21 t/ha from the use of mineral fertilizers and 0.02–0.11 t/ha from the application of growth regulators.

Key words: spring camelina, variety, sowing method, mineral fertilizer, plant growth regulator, productivity element, yield.

УДК 631.8:633.85

DOI 10.5281/zenodo.18494134

Є.В. Брага, аспірант кафедри рослинництва
А.О. Рожков, д-р с.-г. наук, професор
Державний біотехнологічний університет, Харків, Україна

ЕФЕКТИВНІСТЬ СИСТЕМИ УДОБРЕННЯ У ФОРМУВАННІ ПРОДУКТИВНОСТІ РОСЛИН СОНЯШНИКУ

Висвітлено результати дворічних досліджень щодо впливу сполучення різних варіантів передпосівного, припосівного та прикореневого внесення добрив на формування елементів продуктивності рослин і біологічну врожайність насіння високоолеїнового, середньостиглого гібриду соняшнику СИ Феномено.

Аналіз елементів продуктивності рослин та густоти рослин перед збиранням гібриду соняшнику СИ Феномено виявив їх значну залежність від досліджуваних варіантів передпосівного, припосівного та прикореневого внесення добрив.

У середньому за роками найбільшу кількість насінин формували кошики соняшнику у варіанті з найвищою дозою прикореневого внесення КАСу – 125 кг/га (N_{40}) на фоні передпосівного внесення сульфоамофосу в дозі 100 кг/га $N_{20}P_{20}S_{14}$ і припосівного внесення комплексного добрива МАКРОСТАР у дозі 200 кг/га ($N_{18}P_{40}K_{24}$) – 1257 шт. Порівняно з абсолютним контролем (без внесення добрив) кількість насінин у цьому варіанті була на 224 шт. або майже 22,0 % вищою.

Найбільша маса насінин з одного кошика соняшника – 82,8 г, була також у варіанті з найвищими дозами різних видів внесення добрив. Водночас, різниця порівняно з варіантом з меншою дозою припосівного внесення комплексного добрива МАКРОСТАР – 150 кг/га ($N_{14}P_{30}K_{18}$) була не значною – менше 2,0 %.

З точки зору рівня біологічної врожайності насіння оптимальним був варіант передпосівного внесення сульфату амонію у дозі 100 кг/га ($N_{21}S_{24}$), припосівного внесення амофосу в дозі також 100 кг/га ($N_{12}P_{52}$) та прикореневого внесення КАС₃₂ в дозі 125 кг/га (N_{40}). Інші варіанти передпосівного і припосівного внесення комплексних добрив не забезпечували істотного підвищення біологічної врожайності насіння соняшника порівняно з цим варіантом (мала місце лише тенденція до її збільшення). До того ж, вартість комплексного добрива МАКРОСТАР як і сульфоамофосу з розрахунку внесення на 1 га була значно вищою, ніж сульфату амонію та амофосу.

Підвищення дози прикореневого внесення КАС₃₂ від 95 до 125 кг/га не забезпечувало істотного підвищення біологічної врожайності насіння соняшника, проте відмічалася чітка тенденція до її підвищення на варіантах прикореневого внесення більшої дози КАС₃₂. Таким чином, саме цей варіант системи живлення – передпосівне внесення сульфату амонію в дозі 100 кг/га ($N_{21}S_{24}$), припосівне внесення амофосу в дозі 100 кг/га ($N_{12}P_{52}$) у сполученні з прикореневим підживленням посівів КАС₃₂ у дозі 125 кг/га (N_{40}), з точки зору продуктивності

рослин і біологічної врожайності насіння соняшнику, був найкращим як у середньому за роками, так і безпосередньо по роках.

Ключові слова: соняшник, гібрид, система живлення, комплексні добрива, елементи продуктивності, передпосівне і припосівне внесення, прикореневі підживлення, біологічна врожайність насіння

Постановка проблеми. Наукова проблема щодо специфіки мінерального живлення соняшнику має важливе значення для визначення теоретичних основ щодо алгоритмів застосування різних видів добрив, які забезпечуватимуть вищий рівень реалізації його біологічного потенціалу продуктивності. Поряд зі значною кількістю досліджень у цьому напрямі, значна кількість питань, насамперед щодо комплексного підходу застосування добрив, розкриті не повністю, що і визначило напрям проведення досліджень.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Завдяки науковим розробкам і дослідженням науковців з різних регіонів України, зокрема С.М. Каленської, В.В. Кириченка, О.І. Полякова, М.І. Федорчука, А.В. Мельника, О.А. Єременко та інших, було оптимізовано чимало технологічних процесів вирощування соняшника, які забезпечили більш повну реалізацію його генетичного потенціалу [1–3].

Сучасні гібриди соняшнику мають високу адаптивність до умов вирощування, характеризуються високою стійкістю до ураження збудниками хвороб, мають високий генетичний потенціал продуктивності [4]. При цьому важливу роль відіграє вдосконалення основних елементів агротехніки, що забезпечує підвищення врожайності та якості насіння. Серед елементів технології вирощування одним з найбільш складних і водночас найбільш значущих є система удобрення, яка має уточнюватися для конкретних ґрунтово-кліматичних умов з урахуванням морфо-біотипу і групи стиглості гібридів соняшнику [5–7].

Сучасні гібриди соняшнику відрізняються високим потенціалом урожайності насіння, який перевищує 5,0 т/га. За оптимізації технології вирощування, насамперед системи живлення, частка якої в урожайності насіння становить за різними оцінками не менше 50 %, можна реально отримувати врожайність на рівні 4,0–4,5 т/га. Однак, на практиці отримують значно нижчі результати спричинені здебільшого саме значними упущеннями в системі живлення [8, 9].

Соняшник належить до культур, що мають підвищені вимоги до родючості ґрунтів. На формування 1 т насіння він споживає азоту майже вдвічі більше, ніж зернові культури. За виносом калію соняшник взагалі є рекордсменом, оскільки для формування 1 т насіння йому потрібно понад 120 кг цього елемента. Загальний винос основних елементів з урожаєм насіння на рівні 3,0 т/га по азоту становить 150–170 кг/га, по фосфору – 75–90 кг/га, по калію – понад 350 кг/га [10, 11].

Впродовж вегетації рослини соняшнику азот засвоюють у цілому рівномірно. Від фази V_6-V_8 і до фази R_1 рослини споживають близько 70–80 % азоту. Його дефіцит особливо негативно позначається на формуванні кошика. При цьому надлишок цього елемента також негативно впливає на соняшник – відмічається зниження вмісту олії, подовжується тривалість вегетації [12].

Фосфор поглинається рослинами від фази сходів до кінця цвітіння. Спочатку він акумулюється в стеблах і листках, пізніше переміщуючись у кошики та сім'янки. Близько 60–70 % фосфору рослини споживають під час формування кошика і цвітіння. Його дефіцит негативно позначається на продуктивності рослин соняшнику. Достатня забезпеченість рослин фосфором сприяє підвищенню посухостійкості рослин та олійності насіння [13].

На формування одиниці сухої речовини рослини соняшнику найбільше потребують калію. Він відіграє важливу роль у регулюванні водного балансу, забезпечує утримання вологи, зменшує її випаровування, що підвищує посухостійкість рослин. Основна маса калію засвоюється рослинами в період формування кошика – дозрівання [14].

Ефективність застосування мінеральних добрив при вирощуванні соняшнику залежить від багатьох факторів, зокрема від фази в якій перебувають рослини, способів їхнього внесення, погодних умов, фітосанітарного стану посівів, генетичних особливостей гібридів [15–17].

Результати попередніх агрономічних досліджень підтверджують, що ефективна система удобрення посівів соняшника здатна не лише підвищити їхню врожайність, а й покращити агрохімічні властивості ґрунту, сприяти сталому землеробству [3, 18].

Потягом останнього періоду зібрано достатньо багато матеріалів досліджень щодо впливу системи удобрення на ріст, розвиток і формування врожайності посівів соняшнику. Однак, не до кінця з'ясованими залишаються питання комплексного впливу різних складових системи живлення на формування елементів продуктивності рослин і біологічну врожайність насіння цієї культури. Актуальність досліджень у цьому напрямку також зумовлена впровадженням у виробництво нових гібридів соняшнику, які мають певні особливості, а отже – можуть по-різному реагувати на систему удобрення.

Мета проведених досліджень полягала у оцінці елементів продуктивності рослин і біологічної врожайності насіння високоолеїнового, середньостиглого гібриду соняшника СИ Феномено залежно від застосування різних варіантів поєднання передпосівного, припосівного та прикореневого внесення мінеральних добрив в умовах Лівобережного Лісостепу України.

Матеріали та методи досліджень. Дослідження проводили в 2024 і 2025 рр. на базі ФГ «Грига» Полтавського району Полтавської області.

Технологія вирощування соняшнику, за виключенням досліджуваних питань, була загальноприйнятою для зони досліджень. Попередником соняшнику в досліді була пшениця озима, під яку в сумі вносили $N_{90}P_{60}K_{30}$. Одразу після її збирання проводили два дискування, а через два тижні – оранку на 25–27 см. Насіння висівали на глибину 5–7 см у другій декаді травня після прогрівання ґрунту на глибині загортання насіння до 8 °С. Норма висіву насіння була рекомендованою для досліджуваного гібриду соняшнику – 45,0 тис. шт./га. Сівбу проводили широкорядним способом сівби з міжряддями 70 сівалкою KINZE 2000.

Одразу після сівби посіви обприскували ґрунтовим гербіцидом Проксаніл у рекомендованій дозі внесення і проводили прикочування оскільки у верхньому шарі ґрунту бракувало вологи і найближчим часом не прогнозувалося дощу. У фазі V_4 посіви обприскували грамініцидом Челендж для контролю злакових і дводольних бур'янів.

Двохфакторний польовий дослід закладами методом розщеплених ділянок у трьох повтореннях. Ділянками першого порядку (фактор *A*) були чотири варіанти прикореневого підживлення посівів КАСом у фазі V_5 – V_6 : 1 – контроль (без підживлення); 2 – KAC_{32} у дозі 65 кг/га (N_{20}); 3 – KAC_{32} у дозі 95 кг/га (N_{30}); 4 – KAC_{32} у дозі 125 кг/га (N_{40}).

Ділянками другого порядку (фактор *B*) були п'ять варіантів сполучення передпосівного та припосівного внесення комплексних добрив: I – абсолютний контроль (без добрив); II – передпосівне внесення сульфату амонію в дозі 100 кг/га ($N_{21}S_{24}$) у поєднанні з припосівним внесенням амофосу в дозі 100 кг/га ($N_{12}P_{52}$) (виробничий контроль); III, IV і V – передпосівне внесення сульфоамофосу в дозі 100 кг/га ($N_{20}P_{20}S_{14}$) у поєднання з припосівним внесенням комплексного добрива МАКРОСТАР у дозах 100 кг/га, 150 і 200 кг/га ($N_9P_{20}K_{12}$, $N_{14}P_{30}K_{18}$ і $N_{18}P_{40}K_{24}$) відповідно. Площа посівної і облікової ділянок другого порядку становила 210 м² і 112 м² відповідно.

Для досліджень було обрано високоолеїновий гібрид соняшнику СИ Феномено. Цей гібрид помірно інтенсивного типу відноситься до середньостиглих гібридів і відрізняється високою посухостійкістю. Розрахований на класичну технологію захисту від бур'янів.

Погодні умови років досліджень значно відрізнялися як між собою, так і від показників кліматичної норми як за температурним режимом, так і за кількістю опадів і їхнім розподілом. Погодні умови 2024 р. були менш сприятливими для соняшника як за температурним режимом (у третій декаді червня та першій і другій декадах липня температура повітря вдень сягала 35,0 °С і вище), так і за кількістю опадів і їх розподілом (кількість опадів у літні місяці була значно меншою за середньо-багаторічні показники), що звісно мало вплив на формування елементів продуктивності рослин і біологічну врожайність насіння соняшнику. У 2025 р. температурний режим, кількість опадів і

їх розподіл до фази повної стиглості насіння забезпечували нормальний ріст і розвиток культури.

Контрастність погодних умов у роки досліджень дала можливість більш повно порівняти між собою варіанти досліду щодо впливу на елементи продуктивності рослин та біологічну врожайність насіння обраного для досліджень гібрида соняшнику – СИ Феномено.

Закладання досліду, спостереження, обліки та вимірювання проводили за загальноприйнятими методиками [19]. Дисперсійний аналіз здійснювали в програмному пакеті Microsoft Excel на базі загальноприйнятих методик [20].

Результати досліджень та їх обговорення. Головними елементами продуктивності рослин соняшнику є кількість насінин з кошику і їх маса. Діаметр кошику не є ключовим елементом продуктивності проте пов'язаний з нею опосередковано. Між ним і продуктивністю рослини має місце прямий зв'язок, а саме – більший за розмірами кошик вміщує більшу кількість насінин, отже – забезпечує більший вихід сім'янок з кошику і їх масу.

Обидва досліджувані фактори забезпечували істотні зміни діаметру кошика. Загальною тенденцією було збільшення цього параметра за умови внесення добрив. Усі досліджувані варіанти передпосівного, припосівного та прикореневого внесення добрив забезпечували істотне збільшення діаметра кошика гібрида соняшнику СИ Феномено порівняно з контрольними варіантами обох факторів.

У середньому за два роки досліджень найбільший діаметр кошика зафіксований у сполученні п'ятого варіанта фактора *B* і четвертого варіанта фактора *A* – 19,9 см, що на 3,0 см або на 17,8 % більше порівняно з абсолютним контролем – без застосування добрив (табл. 1).

1. Діаметр кошика соняшнику гібрида СИ Феномено за різних варіантів сполучення передпосівного, припосівного і прикореневого внесення добрив, см (середнє за 2024, 2025 рр.)

Передпосівне і припосівне внесення добрив (фактор <i>B</i>)	Варіант прикореневого внесення добрив (фактор <i>A</i>)				Середнє
	контроль	N ₂₀	N ₃₀	N ₄₀	
I*	16,9	17,6	18,3	18,6	17,9
II	17,7	18,6	19,2	19,5	18,8
III	17,7	18,5	18,9	19,2	18,6
IV	18,1	18,8	19,3	19,6	19,0
V	18,4	19,2	19,3	19,9	19,2
Середнє	17,8	18,5	19,0	19,4	18,7
НІР ₀₅ головного ефекту <i>A</i> – 0,6/0,8**; НІР ₀₅ головного ефекту <i>B</i> – 0,6/0,9; НІР ₀₅ часткових порівнянь <i>A</i> – 0,6/0,9; НІР ₀₅ часткових порівнянь <i>B</i> – 0,7/0,9.					

Примітка: * – зміст варіантів фактора *B*: I – контроль (без добрив); II – $N_{21}S_{24}$ (передпосівне) + $N_{12}P_{52}$ (припосівне) (виробничий контроль); III – $N_{20}P_{20}S_{14}$ (передпосівне) + $N_9P_{20}K_{12}$ (припосівне); IV – $N_{20}P_{20}S_{14}$ (передпосівне) + $N_{14}P_{30}K_{18}$ (припосівне); V – $N_{20}P_{20}S_{14}$ (передпосівне) + $N_{18}P_{40}K_{24}$ (припосівне); ** – у чисельнику наведено показник $НІР_{05}$ за 2024 рік, у знаменнику – за 2025 рік.

Серед досліджуваних факторів більший вплив на діаметр кошика чинили варіанти прикореневого внесення $КАС_{32}$. На нашу думку це закономірно, оскільки це добриво в дозах від N_0 до N_{40} вносили під час стадії V_5 – V_6 , тобто саме під час закладання кошика. Так, розбіжність між показниками діаметра кошика за впливу досліджуваних варіантів передпосівного і припосівного внесення комплексних добрив становила 1,3 см (від 17,9 см до 19,2 см), тоді як за впливу прикореневого внесення різних доз азоту – 1,6 см (від 17,8 см до 19,4 см).

У середньому за два роки досліджень найбільшу кількість насінин формували кошики у варіанті з найбільшою дозою прикореневого внесення азоту (N_{40}) на фоні передпосівного внесення $N_{20}P_{20}S_{14}$ і припосівного внесення $N_{18}P_{40}K_{24}$ – 1257 шт. Приріст кількості насінини порівняно з першими варіантами (контролями) обох факторів становив 224 шт. або 21,7 % (табл. 2).

2. Кількість насінин у кошику соняшнику гібрида СИ Феномено за різних варіантів сполучення передпосівного, припосівного і прикореневого внесення добрив, шт. (середнє за 2024, 2025 рр.)

Передпосівне та припосівне внесення добрив (фактор <i>B</i>)	Варіант прикореневого внесення добрив (фактор <i>A</i>)				Середнє
	контроль	N_{20}	N_{30}	N_{40}	
I*	1033	1094	1137	1154	1105
II	1092	1174	1208	1228	1176
III	1098	1160	1194	1214	1167
IV	1123	1194	1212	1239	1192
V	1139	1222	1223	1257	1210
Середнє	1097	1169	1195	1218	1170
$НІР_{05}$ головного ефекту <i>A</i> – 37/42**; $НІР_{05}$ головного ефекту <i>B</i> – 39/43; $НІР_{05}$ часткових порівнянь <i>A</i> – 39/46; $НІР_{05}$ часткових порівнянь <i>B</i> – 41/46.					

Примітка: * – зміст варіантів чинника *B*: I – контроль (без добрив); II – $N_{21}S_{24}$ (передпосівне) + $N_{12}P_{52}$ (припосівне) (виробничий контроль); III – $N_{20}P_{20}S_{14}$ (передпосівне) + $N_9P_{20}K_{12}$ (припосівне); IV – $N_{20}P_{20}S_{14}$ (передпосівне) + $N_{14}P_{30}K_{18}$ (припосівне); V – $N_{20}P_{20}S_{14}$ (передпосівне) + $N_{18}P_{40}K_{24}$ (припосівне); ** – у чисельнику наведено показник $НІР_{05}$ за 2024 рік, у знаменнику – за 2025 рік.

Близьку до найвищого показника в досліді кількість насінин досліджуваного гібриду соняшнику отримали за меншої дози припосівного внесення комплексного добрива МАКРОСТАР – $N_{14}P_{30}K_{18}$

(четвертий варіант фактора B) у сполученні з найвищою дозою прикореневого внесення азоту (N_{40}) – 1239 шт. Різниця за кількістю насінин між цими варіантами становила лише 18 шт. або менше 1,5 %.

За аналогією з діаметром кошика, більший вплив на кількість насінин у ньому чинили досліджувані варіанти прикореневого внесення KAC_{32} . Зокрема, різниця за кількістю насінин у кошику між найвищим і нижчим показником за впливу досліджуваних варіантів передпосівного і припосівного внесення добрив становила 105 шт. або 9,5 %, тоді як за впливу прикореневого внесення азоту – 121 шт., або понад 11,0 %.

Маса 1000 насінин у проведеному досліді не зазнавала істотних змін за впливу досліджуваних варіантів системи живлення тож, вплив досліджуваних факторів на масу насінин з одного кошика у цілому був аналогічний впливу на кількість насінин у ньому. При цьому, дещо вищий вплив передпосівного, припосівного та прикореневого внесення елементів мінерального живлення на показниках маси насінини з одного кошика був зумовлений тенденцією формування більш крупного насіння у варіантах внесення більшої кількості добрив.

Усі досліджувані варіанти передпосівного та припосівного внесення комплексних добрив забезпечували формування істотно більшої маси насінин з одного кошика порівняно з абсолютним контролем (без внесення добрив). При цьому, помітну прибавку показника порівняно з виробничим контролем (внесення $N_{21}S_{24}$ – перед сівбою і $N_{12}P_{52}$ – під час сівби) забезпечував лише варіант з найбільшою дозою припосівного внесення добрив – $N_{18}P_{40}K_{24}$. У середньому за варіантами прикореневого підживлення, маса насінин у цьому варіанті становила 79,4 г, що на 8,0 і 3,0 г або на 11,2 і 4,0 % вище, ніж на абсолютному і виробничому контролях відповідно (табл. 3).

3. Маса насінин з одного кошика соняшнику гібрида СИ Феномено за різних варіантів сполучення передпосівного, припосівного та прикореневого внесення добрив, г (середнє за 2024, 2025 рр.)

Передпосівне та припосівне внесення добрив (фактор B)	Варіант прикореневого внесення добрив (фактор A)				Середнє
	контроль	N_{20}	N_{30}	N_{40}	
I*	66,4	70,7	73,6	74,7	71,4
II	70,4	76,5	78,7	80,0	76,4
III	71,4	75,9	78,1	79,5	76,2
IV	73,1	78,0	79,4	81,2	78,0
V	74,2	80,1	80,5	82,8	79,4
Середнє	71,1	76,2	78,1	79,6	76,3
HPR ₀₅ головного ефекту A – 1,9/2,3**; HPR ₀₅ головного ефекту B – 2,1/2,3;					

НІР ₀₅ часткових порівнянь $A - 2,1/2,4$; НІР ₀₅ часткових порівнянь $B - 2,2/2,6$.

Примітка: * – зміст варіантів чинника B : I – контроль (без добрив); II – $N_{21}S_{24}$ (передпосівне) + $N_{12}P_{52}$ (припосівне) (виробничий контроль); III – $N_{20}P_{20}S_{14}$ (передпосівне) + $N_9P_{20}K_{12}$ (припосівне); IV – $N_{20}P_{20}S_{14}$ (передпосівне) + $N_{14}P_{30}K_{18}$ (припосівне); V – $N_{20}P_{20}S_{14}$ (передпосівне) + $N_{18}P_{40}K_{24}$ (припосівне); ** – у чисельнику наведено показник НІР₀₅ за 2024 рік, у знаменнику – за 2025 рік.

Прикореневе підживлення посівів азотом під час перебування рослин у стадіях V_5 – V_6 істотно підвищувало масу насінин з одного кошика соняшнику, при цьому найвищою вона була у варіанті внесення найбільшої дози азоту (N_{40}) – у середньому за фактором $B - 79,6$ г, що на 8,5 г або на 12,0 % вище, ніж на контролі цього фактора. Разом з тим, прибавка показника порівняно з нормою прикореневого внесення азоту N_{30} становила лише 1,5 г або менше 2,0 %. Безпосередньо за роками досліджень, істотної різниці за показниками маси насіння з кошика між цими варіантами не відмічено (різниця у межах НІР₀₅).

У цілому по досліді найбільша маса насінин з одного кошика соняшника – 82,8 г, була у варіанті з найвищими дозами припосівного та прикореневого внесення добрив (п'ятий і четвертий варіанти фактора B і A відповідно). Водночас, різниця порівняно з варіантом з меншою дозою припосівного внесення добрив – $N_{14}P_{30}K_{18}$ (четвертий варіант фактора B) була не значною і складала менше 2,0 %.

Біологічна врожайність насіння соняшнику є добутком продуктивності рослин і їх густоти на час збирання. Оскільки досліджувані варіанти живлення, за рахунок покращення забезпеченості рослин поживними елементами, сприяють їх кращому росту та розвитку, логічно припустити, що виживаність рослин буде вищою саме у варіантах з вищими агрофонами. Враховуючи ключове значення цього елемента продуктивності у формуванні біологічної врожайності насіння соняшнику, а також можливий вплив досліджуваних факторів на зміну кількості рослин перед збиранням, завданням досліджень передбачалося визначення цього показника.

У результаті підрахунків встановлено, що жоден з факторів не мав істотного впливу на кількість рослин соняшнику перед збиранням. Спостерігалася лише тенденція формування більшої їх кількості за умови внесення мінеральних добрив. При цьому, обидва досліджувані фактори забезпечували фактично однакову розбіжність між граничними показниками кількості рослин. Як за впливу досліджуваних варіантів сполучення передпосівного та припосівного внесення добрив, так і за впливу прикореневих підживлень KAC_{32} у стадії V_5 – V_6 , кількість рослин соняшнику перед збиранням варіювала в діапазоні від 36,1 до 36,5 тис. шт./га, тобто порівняно з контролями обох факторів вона максимально зростала лише на 0,4 тис. шт./га або на 1,1 % (табл. 4).

У цілому по досліді, за рахунок оптимізації обох досліджуваних факторів, кількість рослин перед збиранням на час збирання порівняно

з контролем вдалося підвищити на 0,8 тис. шт./га або на 2,2 %. Як йшлося вище, це не істотна перевага проте, вона забезпечила ще більший вплив варіантів системи живлення на біологічну врожайність насіння, оскільки і продуктивність рослин і їх густота на час збирання врожаю зростали з покращенням системи живлення.

4. Кількість рослин соняшнику перед збиранням за різних варіантів сполучення передпосівного, припосівного і прикореневого внесення добрив, тис. шт./га (середнє за 2024, 2025 рр.)

Передпосівне та припосівне внесення добрив (фактор <i>B</i>)	Варіант прикореневого внесення добрив (фактор <i>A</i>)				Середнє
	контроль	N ₂₀	N ₃₀	N ₄₀	
I*	35,8	36,1	36,3	36,2	36,1
II	36,1	36,2	36,4	36,6	36,3
III	36,2	36,2	36,5	36,5	36,4
IV	36,2	36,6	36,6	36,7	36,5
V	36,3	36,5	36,6	36,7	36,5
Середнє	36,1	36,3	36,5	36,5	36,4

Примітка: * – зміст варіантів фактора *B*: I – контроль; II – N₂₁S₂₄ (передпосівне) + N₁₂P₅₂ (припосівне); III – N₂₀P₂₀S₁₄ (передпосівне) + N₉P₂₀K₁₂ (припосівне); IV – N₂₀P₂₀S₁₄ (передпосівне) + N₁₄P₃₀K₁₈ (припосівне); V – N₂₀P₂₀S₁₄ (передпосівне) + N₁₈P₄₀K₂₄ (припосівне); ** – у чисельнику НР₀₅ за 2024 рік, у знаменнику – за 2025 рік.

Усі досліджувані варіанти сполучення передпосівного і припосівного внесення добрив сприяли істотному підвищенню біологічної врожайності насіння соняшника порівняно з абсолютним контролем. При цьому найвища біологічна врожайність насіння формувалася у варіанті з найвищою дозою припосівного внесення комплексного добрива МАКРОСТАР – N₁₈P₄₀K₂₄. У середньому за варіантами прикореневого підживлення посівів КАС₃₂ біологічна врожайність насіння соняшника в цьому варіанті в погодних умовах 2024 і 2025 рр. становила 2,71 і 3,08 т/га, що на 0,31 і 0,34 т/га відповідно вище, ніж на абсолютному контролі і на 0,13–0,14 т/га вище, ніж на виробничому контролі (другий варіант фактора *B*) (табл. 5).

Разом з тим, істотної різниці між варіантами з дозою припосівного внесення комплексного добрива МАКРОСТАР – N₁₄P₃₀K₁₈ і N₁₈P₄₀K₂₄ (4-й і 5-й варіанти фактора *B*) не встановлено. Різниця за показниками біологічної врожайності насіння між цими варіантами у 2024 і 2025 рр. становила лише 0,06 т/га або менше 2,0 % за НР₀₅ головного ефекту цього фактора – 0,08 і 0,13 т/га відповідно. Таким чином, підвищувати дозу добрива МАКРОСТАР у передпосівне внесення від 150 до 200 кг/га з агрономічної точки зору не доцільно. При цьому, за умови підвищення дози передпосівного внесення цього добрива від 100 до 150 кг/га,

біологічна врожайність насіння у середньому за іншими факторами зростала також на 0,6–0,7 т/га.

Прикореневе підживлення посівів КАС₃₂ за впливом на рівень біологічної врожайності насіння соняшника гібрида СИ Феномено було фактично на одному рівні з досліджуваними варіантами сполучень передпосівного і припосівного внесення добрив. При цьому, по мірі підвищення дози внесення КАС₃₂ відбувалося підвищення показника.

5. Біологічна врожайність насіння соняшника за різних варіантів сполучення передпосівного, припосівного і прикореневого внесення добрив, т/га (середнє за 2024, 2025 рр.)

Передпосівне та припосівне внесення добрив (фактор <i>B</i>)	Варіант прикореневого внесення добрив (фактор <i>A</i>)				Середнє
	контроль	N ₂₀	N ₃₀	N ₄₀	
2024 рік					
I	2,21	2,37	2,49	2,53	2,40
II	2,38	2,56	2,65	2,74	2,58
III	2,41	2,57	2,63	2,71	2,58
IV	2,47	2,66	2,72	2,76	2,65
V	2,51	2,72	2,74	2,82	2,70
Середнє	2,40	2,57	2,65	2,71	2,59
НІР ₀₅ головного ефекту <i>A</i> – 0,07; НІР ₀₅ головного ефекту <i>B</i> – 0,08; НІР ₀₅ часткових порівнянь <i>A</i> – 0,08; НІР ₀₅ часткових порівнянь <i>B</i> – 0,09					
2025 рік					
I	2,54	2,73	2,84	2,88	2,75
II	2,69	2,97	3,08	3,11	2,96
III	2,76	2,92	3,06	3,09	2,96
IV	2,83	3,00	3,11	3,13	3,02
V	2,88	3,09	3,15	3,21	3,08
Середнє	2,74	2,94	3,05	3,08	2,95
НІР ₀₅ головного ефекту <i>A</i> – 0,12; НІР ₀₅ головного ефекту <i>B</i> – 0,13; НІР ₀₅ часткових порівнянь <i>A</i> – 0,13; НІР ₀₅ часткових порівнянь <i>B</i> – 0,15					
Середнє за роками					
I*	2,38	2,55	2,67	2,70	2,58
II	2,54	2,77	2,87	2,92	2,78
III	2,59	2,75	2,85	2,90	2,77
IV	2,65	2,85	2,92	2,94	2,84
V	2,68	2,90	2,95	3,01	2,89
Середнє	2,57	2,76	2,85	2,89	2,77

Примітка: * – зміст варіантів фактора *B*: I – контроль (без добрив); II – N₂₁S₂₄ (передпосівне) + N₁₂P₅₂ (припосівне) (виробничий контроль); III – N₂₀P₂₀S₁₄ (передпосівне) + N₉P₂₀K₁₂ (припосівне); IV – N₂₀P₂₀S₁₄ (передпосівне) + N₁₄P₃₀K₁₈ (припосівне); V – N₂₀P₂₀S₁₄

(передпосівне) + $N_{18}P_{40}K_{24}$ (припосівне); ** – у чисельнику наведено показник $НІР_{05}$ за 2024 рік, у знаменнику – за 2025 рік.

Найвищу біологічну врожайність насіння формували посіви на варіантах прикореневого внесення найбільшої дози KAC_{32} (125 кг/га) – у середньому за роками та варіантами передпосівного і припосівного внесення комплексних добрив – 2,89 т/га, що на 0,32 т/га вище порівняно з контролем (без прикореневого підживлення).

З підвищенням дози внесення KAC_{32} в прикореневе підживлення від 95 до 125 кг/га біологічна врожайність насіння зростала неістотно. Відмічалася лише позитивна тенденція до її підвищення. Зокрема, в погодних умовах 2024 і 2025 рр. різниця за біологічною врожайністю насіння соняшника гібрида СИ Феномено між цими варіантами склала 0,06 і 0,03 т/га, за $НІР_{05}$ – 0,07 і 0,12 т/га відповідно.

У цілому по досліді найвища біологічна врожайність насіння соняшника в середньому за два роки досліджень – 3,01 т/га, була у варіантах сполучення передпосівного внесення 100 кг/га сульфоамофосу ($N_{20}P_{20}S_{14}$), припосівного внесення добрива МАКРОСТАР у дозі 200 кг/га ($N_{18}P_{40}K_{24}$) і прикореневого підживлення посівів KAC_{32} у найвищій досліджуваній дозі – 125 кг/га. Приріст біологічної врожайності насіння порівняно з абсолютним і виробничим контролем становив 0,63 і 0,47 т/га або 26,5 і 18,5 % відповідно.

Аналіз часткових порівнянь факторів виявив відсутність істотної різниці між досліджуваними варіантами фактора *B* і виробничим контролем цього фактора на варіантах проведення прикорневих підживлень KAC_{32} у дозах 95 і 125 кг/га. При цьому на варіантах де KAC_{32} не вносили, припосівне внесення добрива МАКРОСТАР у дозах 150 і 200 кг/га (4-й і 5-й варіанти фактора *B*) забезпечило істотну прибавку біологічної врожайності насіння порівняно з обома контролем, що свідчить про взаємодію досліджуваних факторів.

З точки зору отримання найвищої біологічної врожайності насіння соняшника, оптимальним був варіант передпосівного внесення сульфату амонію у дозі 100 кг/га ($N_{21}S_{24}$), припосівного внесення амофосу в дозі також 100 кг/га ($N_{12}P_{52}$) (виробничий контроль фактора *B*) у сполучення з прикорневим внесенням KAC_{32} в дозі 125 кг/га (N_{40}). Інші варіанти передпосівного і припосівного внесення добрив не забезпечували істотного підвищення біологічної врожайності насіння порівняно з виробничим контролем (мала місце лише тенденція до росту показника) крім того, вартість добрив МАКТОСТАР і сульфоамофосу з розрахунку внесення на 1 га була значно вищою. Підвищення дози прикореневого внесення рідкого добрива KAC_{32} від 95 до 125 кг/га (від N_{30} до N_{40}) не забезпечувало істотного підвищення біологічної врожайності насіння

соняшника, проте відмічалася чітка тенденція до її підвищення як у 2024 р., так і в 2025 р.

У разі якщо технологічним планом прикоренеve внесення KAC_{32} не передбачено, припосівне внесення добрива МАКРОСТАР у дозі 150 кг/га ($N_{14}P_{30}K_{18}$) на фоні передпосівного внесення сульфоамофосу в дозі 100 кг/га ($N_{20}P_{20}S_{14}$) є виправданим, оскільки забезпечує істотне підвищення біологічної врожайності насіння соняшника. І в 2024 і в 2025 рр., приріст показника був істотний порівняно з обома контролями.

Висновки. Аналіз елементів продуктивності рослин, густоти рослин перед збиранням і біологічної врожайності соняшника гібрида СИ Феномено виявив їх значну залежність від досліджуваних варіантів передпосівного, припосівного та прикореневого внесення добрив.

У середньому за роками досліджень найбільшу кількість насінин формували кошики соняшника у варіанті з найбільшою дозою прикореневого внесення KAC_{32} – 125 кг/га (N_{40}) на фоні передпосівного внесення сульфоамофосу в дозі 100 кг/га $N_{20}P_{20}S_{14}$ і припосівного внесення добрива МАКРОСТАР у дозі 200 кг/га ($N_{18}P_{40}K_{24}$) – 1257 шт. Порівняно з абсолютним контролем (без внесення добрив) їх кількість була на 224 шт. або майже 22,0 % вище, ніж на контролі.

Найбільша маса насінин з одного кошика соняшника – 82,8 г, була також у варіанті з найвищими дозами внесення добрив. Водночас, різниця порівняно з варіантом з меншою дозою припосівного внесення добрива МАКРОСТАР – 150 кг/га ($N_{14}P_{30}K_{18}$) (4-й варіант фактора *B*) була не значною і склала менше 2,0 %.

Найвища біологічна врожайність насіння соняшника формувалася у варіанті передпосівного внесення сульфату амонію у дозі 100 кг/га ($N_{21}S_{24}$), припосівного внесення амофосу в дозі також 100 кг/га ($N_{12}P_{52}$) і прикореневого внесення KAC_{32} в дозі 125 кг/га (N_{40}). Інші варіанти передпосівного і припосівного внесення добрив не забезпечували істотного підвищення біологічної врожайності насіння порівняно з цим варіантом. При цьому мала місце тенденція до її підвищення.

Збільшення дози прикореневого внесення азоту від N_{30} до N_{40} не забезпечувало істотного підвищення біологічної врожайності насіння соняшника, проте відмічалася чітка тенденція до її росту. Крім того, аналіз часткових порівнянь ефектів показав істотну прибавку біологічної врожайності за підвищення дози прикореневого внесення азоту від N_{30} до N_{40} на виробничому контролі фактора *B* у 2024 р.

Таким чином, саме цей варіант системи живлення – передпосівне внесення сульфату амонію в дозі 100 кг/га ($N_{21}S_{24}$), припосівне внесення амофосу в дозі 100 кг/га ($N_{12}P_{52}$) (виробничий контроль фактора *B*) у сполученні з прикоренеvim підживленням посівів KAC_{32} у дозі 125 кг/га (N_{40}), з точки зору продуктивності рослин і біологічної врожайності

насіння соняшника був найкращим як у середньому за роками, так і безпосередньо по роках досліджень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Єременко О.А. Продуктивність соняшнику залежно від мінерального живлення та передпосівної обробки насіння за умов недостатнього зволоження. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2017. № 3. С. 25–30.
2. Каленська С.М., Гарбар Л.А., Горбатюк Е.М. Роль регламентів сівби у формуванні фітометричних показників соняшнику. *Таврійський науковий вісник*. 2020. № 113. С. 49–55.
3. Кириченко В.В., Макляк К.М., Леонова Н.М., Коломацька В.П., Леонов О.Ю., Шепілов Б.П. Особливості технології вирощування гібридів соняшнику кондитерського типу в умовах східної частини Лісостепу України. *Вісник аграрної науки*. 2023. № 1 (898). С. 14–21.
4. Турак Р.О. Продуктивність соняшнику залежно від системи удобрення в умовах західного регіону України. *Український журнал природничих наук*. 2025. № 12. С. 240–247. [doi:10.32782/naturaljournal.12.2025.24](https://doi.org/10.32782/naturaljournal.12.2025.24)
5. Кірсанова Г.В., Пугач А.В., Губа Е.П. Удосконалення технології вирощування соняшнику шляхом оптимізації фону мінерального живлення. *Dynamika naukowych badań-2017: XIII międzynarodowej naukowipraktycznej konferencji (Przemysł, 7–15 lipca 2017 roku)*. Przemysł: Nauka i studia, 2017. Р. 19–23. URL: <http://dspace.dsau.dp.ua/jspui/handle/123456789/388>
6. Ahmad R., Waraich E.A., Ashraf M.Y. et al. Does nitrogen fertilization enhance drought tolerance in sunflower? A review. *J. Plant Nutr.* 2014. № 37. Р. 942–963.
7. Коковіхін С.В. Вплив густоти стояння рослин та удобрення на формування продуктивності гібридів соняшнику в умовах Півдня України. *Таврійський науковий вісник*. 2016. Вип. 96. С. 74–79.
8. Мазур В.А., Дідур І.М., Циганський В.І., Маламура С.В. Формування продуктивності гібридів соняшника залежно від рівня удобрення та умов зволоження. *Сільське господарство та лісівництво*. 2020. № 4(19). С. 208–220. [doi:10.37128/2707-5826-2020-4-17](https://doi.org/10.37128/2707-5826-2020-4-17)
9. Тоцький В.М. Вплив системи удобрення та основного обробітку ґрунту на формування продуктивності рослин соняшнику. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2014. № 20. С. 204–209.

10. Домарацький Є.О., Добровольський А.В., Базалій В.В. й ін. Соняшник: екологічні шляхи оптимізації його живлення: монографія. Херсон: Олді-плюс, 2020. 160 с.
11. Рожков А.О., Шевченко М.В., Поляков О.І. Соняшник: онтогенез, сучасні аспекти технології вирощування: монографія. Харків, ДБТУ, 2025. 205 с.
12. Господаренко Г.М. Система застосування добрив. Київ: ТОВ «СІК ГРУП Україна», 2018. 376 с.
13. Гангур В.В., Космінський О.О., Лень О.І., Тоцький В.М. Вплив удобрення на продуктивність соняшнику та якість насіння. *Вісник ПДАА*. 2022. № 2(2). С. 50–56. doi:10.31210/visnyk2022.02.05
14. Шакалій С.М. Формування врожайності та якості насіння соняшнику залежно від позакореневого підживлення. *Зернові культури*. 2017. Т. 1. № 1. С. 69–74.
15. Домарацький Є.О. Вплив рістрегулюючих препаратів та мінеральних добрив на поживний режим соняшника. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2018. № 1(71). URL: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/article/view/dopovidi2018.01.017/8902>
16. Лябах С.В. Вплив обробітку ґрунту та системи удобрення на врожайність соняшнику (*Helianthus L.*) за вирощування в умовах центрального Полісся України. *Агроекологічний журнал*. 2022. № 4. С. 130–135. doi:10.33730/2077-4893.4.2022.273259
17. Пінковський Г.В., Мащенко Ю.В. Вплив елементів живлення на родючість ґрунту та продуктивність соняшнику в Правобережному Степу України. *Таврійський науковий вісник*. 2019. № 107. С. 145–150. doi:10.32851/2226 0099.2019.107.19
18. Курач О.В., Лукашук Л.Я., Першута В.В. Вплив доз мінерального удобрення та стимуляторів росту на продуктивність гібридів соняшнику. *Вісник аграрної науки*. 2023. № 8(845). С. 12–19. doi:10.31073/agrovisnyk202308-02
19. Єщенко В.О., Копитко П.Г., Костогриз П.В., Опришко В.П. Основи наукових досліджень в агрономії: підручник. Вид. 2-ге, виправлене і доповнене. Вінниця: ПП «ТД Едельвейс і К». 2014. 332 с.
20. Рожков А.О., Пузік В.К., Каленська С.М. й ін. Дослідна справа в агрономії: у 2 книгах. Кн. перша: Теоретичні аспекти дослідної справи. Харків: Майдан. 2016. 316 с.

REFERENCES

1. Yeremenko O.A. (2017). Sunflower productivity depending on mineral nutrition and pre-sowing seed treatment under conditions of insufficient moisture. *Bulletin of the Poltava State Agrarian Academy*. № 3. P. 25–30.

2. Kalenska S.M., Garbar L.A., Gorbatiuk E.M. (2020). The role of sowing regulations in the formation of phytometric indicators of sunflower. *Tavriya Scientific Bulletin*. № 113. P. 49–55.

3. Kirichenko V.V., Maklyak K.M., Leonova N.M., Kolomatska V.P., Leonov O.Yu., Shepilov B.P. (2023). Features of the technology for growing confectionery-type sunflower hybrids in the eastern part of the Forest-Steppe zone of Ukraine. *Bulletin of Agricultural Science*. № 1 (898). P. 14–21.

4. Turak R.O. (2025). Sunflower productivity depending on the fertilization system in the western region of Ukraine. *Ukrainian Journal of Natural Sciences*. № 12. P. 240–247. [doi:10.32782/naturaljournal.12.2025.24](https://doi.org/10.32782/naturaljournal.12.2025.24)

5. Kirsanova G.V., Pugach A.V., Guba E.P. (2017). Improving sunflower cultivation technology by optimizing mineral nutrition. *Dynamika naukowych badań-2017: XIII międzynarodowej naukowipraktycznej konferencji* (Przemysł, 7–15 lipca 2017 roku). Przemysł: Nauka i studia. P. 19–23. URL: <http://dspace.dsau.dp.ua/jspui/handle/123456789/388>

6. Ahmad R., Waraich E.A., Ashraf M.Y. et al. (2014). Does nitrogen fertilization enhance drought tolerance in sunflower? A review. *J. Plant Nutr.* № 37. P. 942–963.

7. Kokovikhin S.V. (2016). The influence of plant density and fertilization on the productivity of sunflower hybrids in southern Ukraine. *Tavriya Scientific Bulletin*. Issue 96. P. 74–79.

8. Mazur V.A., Didur I.M., Tsyhanskyi V.I., Malamura S.V. (2020). Formation of productivity of sunflower hybrids depending on the level of fertilization and moisture conditions. *Agriculture and forestry*. № 4 (19). P. 208–220. [doi:10.37128/2707-5826-2020-4-17](https://doi.org/10.37128/2707-5826-2020-4-17)

9. Totskyi V.M. (2014). The influence of the fertilization system and the main tillage on the formation of sunflower productivity. *Scientific and technical bulletin of the Institute of Oil Crops of the National Academy of Sciences*. № 20. P. 204–209.

10. Domaratskyi E.O., Dobrovolskyi A.V., Bazalii V.V., et al. (2020). Sunflower: Ecological ways to optimize its nutrition: monograph. Kherson: Oldi-Plus, 160 p.

11. Rozhkov A.O., Shevchenko M.V., Polyakov O.I. (2025). Sunflower: ontogenesis, modern aspects of cultivation technology: monograph. Kharkiv, DBTU. 205 p.

12. Gospodarenko G.M. (2018). Fertilizer Application System. Kyiv: SIC GROUP Ukraine LLC, 2018. 376 p.

13. Gangur V.V., Kosminsky O.O., Len O.I., Totsky V.M. (2022). The effect of fertilization on sunflower productivity and seed quality. *Bulletin of the PDAA*. № 2(2). P. 50–56. [doi:10.31210/visnyk2022.02.05](https://doi.org/10.31210/visnyk2022.02.05)

14. Shakaliy S.M. (2017). Formation of sunflower seed yield and quality depending on foliar fertilization. *Grain crops*. Vol. 1. № 1. P. 69–74.

15. Domaratskyi E.O. (2018). The effect of growth regulators and mineral fertilizers on the nutritional regime of sunflowers. Scientific reports of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. № 1(71). URL: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/article/view/dopovidi2018.01.017/8902>

16. Lyabakh S.V. (2022). The influence of soil cultivation and fertilization systems on the yield of sunflower (*Helianthus L.*) grown in the central Polissya region of Ukraine. *Agroecological Journal*. № 4. P. 130–135. [doi:10.33730/2077-4893.4.2022.273259](https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2022.273259)

17. Pinkovsky G.V., Mashchenko Yu.V. (2019). Influence of nutrients on soil fertility and sunflower productivity in the Right-Bank Steppe of Ukraine. *Tavriya Scientific Bulletin*. № 107. P. 145–150. [doi:10.32851/22260099.2019.107.19](https://doi.org/10.32851/22260099.2019.107.19)

18. Kurach O.V., Lukashchuk L.Ya., Pershuta V.V. (2023). The effect of mineral fertilizer doses and growth stimulants on the productivity of sunflower hybrids. *Bulletin of Agricultural Science*. № 8(845). P. 12–19. [doi:10.31073/agrovisnyk202308-02](https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202308-02)

24. Yeschenko V.O., Kopytko P.G., Kostogryz P.V., Opryshko V.P. (2014). Basics of scientific research in agronomy: a textbook. Edition 2nd, corrected and supplemented. Vinnytsia. PE «TD Edelweiss and K», 332 p.

25. Rozhkov A.O., Puzik V.K., Kalenska S.M. and other (2016). Research case in agronomy: educational manual: in 2 books. – Book 1. Theoretical aspect of the research case. Kharkiv: Maidan, 316 p.

Ye.V. Braga, post-graduate student

A.A. Rozhkov, doctor of agricultural sciences, professor

State biotechnological university

Kharkiv, Ukraine

Effectiveness of fertilization system in forming the productivity of sunflower plant

The results of two years of research on the effect of combining different options for pre-sowing, sowing, and root fertilization on the formation of plant productivity elements and the biological yield of seeds of the high-oleic, mid-season sunflower hybrid SY Fenomeno are presented.

Formulation of the problem. The problem concerning the specifics of sunflower nutrition is important for determining the theoretical basis for algorithms for the application of various types of fertilizers that will ensure a higher level of realization of the biological productivity potential of this crop. Despite a significant amount of research in this area, a number of issues, primarily regarding a comprehensive approach to fertilizer application, remain unresolved, which determined the direction of the research conducted.

The purpose of the research was to evaluate the elements of plant productivity and biological seed yield of the high-oleic, mid-season sunflower hybrid SY Fenomeno depending on the application of various combinations of pre-sowing, sowing and root mineral fertilizers in the conditions of the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine.

Research methods. The study was conducted in 2024 and 2025 at the «Gryga» Farm in the Poltava district of the Poltava region. A two-factor field experiment was set up using the split-plot method in three replicates. The first-order plots were four variants of root feeding of crops with UAN_{32} in phases V_5 and V_6 : 1 – control (no feeding); 2 – UAN_{32} at a dose of 65 kg/ha (N_{20}); 3 – UAN_{32} at a dose of 95 kg/ha (N_{30}); 4 – UAN_{32} at a dose of 125 kg/ha (N_{40}). The second-order plots were five options for combining pre-sowing and post-sowing application of complex fertilizers: I – absolute control (no fertilizers); II – pre-sowing application of ammonium sulfate at a dose of 100 kg/ha ($N_{21}S_{24}$) in combination with top dressing application of ammophos at a dose of 100 kg/ha ($N_{12}P_{52}$) (production control); III, IV, and V – pre-sowing application of sulfoammonium phosphate at a dose of 100 kg/ha ($N_{20}P_{20}S_{14}$) in combination with post-sowing application of MACROSTAR complex fertilizer at doses of 100 kg/ha, 150 and 200 kg/ha ($N_9P_{20}K_{12}$, $N_{14}P_{30}K_{18}$ and $N_{18}P_{40}K_{24}$), respectively. The area of the second-order sowing and accounting plots was 210 and 112 m², respectively.

Research results. Analysis of plant productivity and plant density before harvesting the SY Fenomeno sunflower hybrid revealed their significant dependence on the studied variants of pre-sowing, sowing, and root fertilization.

On average, sunflower baskets produced the highest number of seeds in the variant with the highest dose of root application of UAN_{32} – 125 kg/ha (N_{40}) against the background of pre-sowing application of sulfoammophos at a dose of 100 kg/ha $N_{20}P_{20}S_{14}$ and post-sowing application of MACROSTAR complex fertilizer at a dose of 200 kg/ha ($N_{18}P_{40}K_{24}$) – 1257 pcs. Compared to the absolute control (without fertilizer application), the number of seeds in this variant was 224 pcs. or almost 22.0 % higher.

The highest seed weight per sunflower basket – 82.8 g – was also observed in the variant with the highest doses of various types of fertilizer application. At the same time, the difference compared to the variant with a lower dose of MACROSTAR complex fertilizer application – 150 kg/ha ($N_{14}P_{30}K_{18}$) was insignificant – less than 2.0 %.

In terms of biological seed yield, the optimal option was pre-sowing application of ammonium sulfate at a dose of 100 kg/ha ($N_{21}S_{24}$), followed by the application of ammophos at a dose of 100 kg/ha ($N_{12}P_{52}$) and root application of UAN_{32} at a dose of 125 kg/ha (N_{40}). Other options for pre-sowing and top dressing with complex fertilizers did not provide a significant increase in the biological yield of sunflower seeds compared to this option (there was only a tendency towards an increase). In addition, the cost of the complex fertilizer MAKROSTAR, as well as sulfoammonium phosphate, per 1 ha was significantly higher than that of ammonium sulfate and ammonium phosphate. Increasing the dose of root application of UAN_{32} from 95 to 125 kg/ha did not provide a significant increase in the biological yield of sunflower seeds, but there was a clear tendency towards its increase in the variants of root application of a higher dose of UAN_{32} .

Conclusions. Thus, this particular feeding system option – pre-sowing application of ammonium sulfate at a dose of 100 kg/ha ($N_{21}S_{24}$), top dressing with ammophos at a dose of 100 kg/ha ($N_{12}P_{52}$) in combination with root feeding of crops with UAN_{32} at a dose of 125 kg/ha (N_{40}), was the best in terms of plant productivity and biological yield of sunflower seeds, both on average over the years and directly by year.

Keywords: sunflower, hybrid, nutrition system, complex fertilizers, productivity elements, pre-sowing and post-sowing application, root feeding, biological seed yield

УДК 635.656:631.5:581.16
DOI 10.5281/zenodo.18494229

О.М. Глибокий, доктор філософії, науковий співробітник
Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН, Харків, Україна
М.Г. Цехмейструк, канд. с.-г. наук, ст.н.с.
Державний біотехнологічний університет, Харків, Україна

УРОЖАЙНІСТЬ ГОРОХУ ЗАЛЕЖНО ВІД ПОГОДНИХ УМОВ

Збільшення температури повітря і зменшення кількості опадів не має негативного впливу на врожайність сільськогосподарських культур. Спостерігається зростання врожайності зернових та зернобобових культур, соняшнику, картоплі, овочів, плодів і ягід, що вказує на їх адаптаційну здатність до змін клімату. Мета дослідження – встановити вплив погодних умов вегетаційного періоду на формування продуктивності сортів гороху в східній частині лісостепу України. Матеріали, методика, метеорологічні умови. Дослідження проводили протягом 2006–2020 рр. у стаціонарній сівозміні Інституту рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН методом розщеплених ділянок згідно загальноприйнятих методик. Ґрунт – глибокий слабовилугуваний чорнозем із зернистою структурою. Він характеризується такими агрохімічними показниками: вміст гумусу – 5,8 %; рН – 5,8; гідролітична кислотність – 3,29 мг/екв. на 100 г ґрунту. Запаси поживних речовин на контролі без добрив: азот – 132 мг/кг, фосфор – 104 мг/кг, калій – 128 мг/кг; на фонах із застосуванням мінеральних добрив ($N_{30}P_{30}K_{30}$): азот – 130-140 мг/кг, фосфор – 180-200 мг/кг, калій – 170-190 мг/кг ґрунту. Результати. В середньому за роки досліджень (2006-2020 рр.) відхилення по середньодобовій температурі становить плюс 2,21 °С. При цьому існує значна різниця за місяцями і роками. Відмічається значне потепління періоду серпень-вересень, на 2,41-2,21 °С, в інші місяці підвищення температури повітря незначні – 0,25 °С у квітні, 0,70 °С у травні, 0,40 °С у червні та 0,64 °С у липні місяці. Недостатня кількість вологи відмічалася в 9 роках (від 14,3 мм у 2007 р. до 168,1 мм у 2018 р.), а надлишок – відповідно у 8 роках, з коливаннями від 41,1 мм у 2020 р до 251,8мм у 2011 р. В середньому за роки досліджень два місяці були із меншою кількістю опадів порівняно з багаторічними значеннями, це квітень – 9,5 % при нормі 11,7 % та липень – 20,5 і 23,5 % відповідно. У червні місяці кількість опадів вище оптимальних показників – 25,4 проти 20,8 % В інші місяці розподіл опадів був близький до оптимуму. Висновки. У квітні 6 років з 15 були з достатнім, або надлишковим зволоженням, а в інші - з недостатньою. В травні – відповідно у 8 роках. Червень: 1 рік достатня кількість (2008 р.) і 6 років – надмірна. В липні відповідно – 1 і 5 років і в серпні – за весь час досліджень лише 2 роки були з надмірним зволоженням, а всі інші – з недостатнім. За результатами кореляційного аналізу впливу показника розподілу опадів на рівень урожайності культури

відмічається практично нульова залежність між ними в середньому за 15 років (2006-2020 рр.). В той же час за період 2006-2010 рр. відмічена висока позитивна кореляція із опадами квітня, $r = 0,875-0,911$ та значна із вологою червня – $r = 0,398-0,583$. За 2011-2015 рр. розподіл опадів у квітні, червні і липні мав негативний вплив на урожайність гороху – r від мінус 0,452 до мінус 0,366; $r = -0,434-0,324$ та $r = -0,654-0,543$ відповідно місяців. А у травні – взаємозв'язок факторів позитивний – $r = 0,578-0,613$. За 2016-2020 рр. також відмічено негативні кореляції у квітні та червні місяці – r від мінус 0,680 до мінус 0,470 та $r = -0,759-0,637$, низький взаємозв'язок показників у травні – $r = 0,178-0,261$.

Ключові слова: горох, продуктивність, урожайність, опади, розподіл опадів, коефіцієнт кореляції

Вступ. У 2022 р. врожай гороху посівного (*Pisum sativum* L.) в Україні був вдвічі меншим за довоєнний 2021 р. і становив 270 тис. т, і це найнижчий показник за останні 10 років. У 2017 р., виробництво гороху в Україні становило 1 млн т. До 2019 р. основним імпортером українського гороху була Індія. В різні роки вона імпортувала від 385 тис. т до 149 тис. т. Після 2019 р. через низькі внутрішні ціни на зернобобові культури вона встановила низку обмежувальних дій і станом на 2022 р. рік вийшла на повне самозабезпечення цією культурою відповідно до власних потреб в 1 млн т. Наразі обговорюється можливість експорту українського гороху до КНР [1, 2].

З гороху як бобової агрокультури одержують протеїн високої якості, а отримані після його відділення крохмаль та харчові волокна – побічний продукт переробки. Гороховий протеїн має функціональні можливості для приготування таких продуктів як снеки, дієтичні батончики, супи, соуси, макарони, печиво та інші. Він також є цінним інгредієнтом з відмінною засвоюваністю для безглютенових дієт, вегетаріанської та веганської їжі. Наразі він є затребуваною і рентабельною культурою і фермери все частіше вибирають його як попередника для зернових, та як окрему культуру [3].

Як зазначають експерти UFOP, аналітики IGC прогнозують, що світове виробництво сухого гороху у 2023/24 МР становитиме близько 13,9 млн тон. Цей показник за даними Agrarmarkt Informations-Gesellschaft (mbH), на 0,5 % перевищує показник попереднього сезону. Росія залишається найбільшим виробником сухого гороху у світі. Канада посідає друге місце з виробництвом 2,6 млн тон, що водночас на 800 тис. тон (на 23,8%) поступається результату попереднього МР.

Країни Євросоюзу посідають третє місце з виробництвом 2 млн тон (+100 тис. тон за рік), завдяки більшому врожаю в Румунії. У свою чергу, виробництво сухого гороху в Німеччині скоротилося приблизно на 59 тис. тон, до 264 тис. тон.

США у 2023 р. збільшили виробництво гороху на 100 тис. тон, до 800 тис. тон, а врожай фуражного гороху в Україні у 2023 р. оцінюється

на рівні 400 тис. тон, що приблизно на 100 тис. тон більше показника попереднього року. Зважаючи на великий попит ЄС на імпорт кормового протеїну, UFOP підкреслює важливість реалізації в повній мірі високого потенціалу для вирощування сухого гороху та інших крупнозернистих бобових у країнах Європи [4].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Зміни клімату значним чином впливають на розвиток аграрного виробництва, причому найбільше це стосується країн, де роль сільського господарства в економіці та продовольчій безпеці є визначальною. Протягом останнього десятиліття характерною ознакою зміни клімату є глобальне потепління, що виявляється в підвищенні середньорічної температури повітря на 2–3°C. За науковими прогнозами, підвищення середньорічної температури на 1°C спричиняє скорочення обсягу виробництва аграрної продукції на 10 %, а прогнозоване підвищення середньорічної температури на 1–3°C у найближчому майбутньому вплине на виробництво передусім зернових культур [5, 7].

За останні 30 років середньорічна температура повітря в нашій країні зросла майже на 1,5°C. Відбувається зміна динаміки опадів та знижується їх ефективність. Спостерігається посилення перерозподілу опадів протягом року в межах $\pm 20\%$ з їхнім збільшенням у холодний період і зменшенням – у теплий. Впродовж останнього десятиліття збільшилася кількість посушливих днів у поєднанні з підвищенням температурного режиму, що підвищує ймовірність виникнення ризиків для пожежної безпеки в Україні [6, 7].

Протягом останніх двадцяти років в Україні спостерігалися значні зміни температурного режиму та кількості опадів. Підвищення середньорічної температури призвело до збільшення кількості посух та зменшення рівня опадів у деяких регіонах. Для озимих зернових культур за 2017-2021 рр, на фоні загального підвищення температури повітря в останні роки позитивним фактором є відносно теплі зими, які дозволяють рослинам успішно перезимувати. Підвищення середньорічних температур і зміни режиму опадів можуть сприяти збільшенню врожайності в окремих регіонах. Збільшення частоти екстремальних погодних явищ, як-от посухи, зливи та сильні вітри, створює додаткові ризики для аграрної галузі [8-10].

Між значеннями суми ефективних температур та сумарними значеннями NDVI за вегетаційний період спостерігається сильна позитивна кореляція, зокрема в Житомирській обл. $r=0,75$, а в Харківській обл. – 0,63., одночас у Запорізькій обл. не перевищувала 0,35, що, ймовірно, пояснюється вищими температурами за вегетацію і дефіцитом вологи, що призводить до зниження темпів накопичення рослинної біомаси, яка тісно корелює з показником NDVI. Для моделювання впливу змін клімату на продуктивність агроecosистем

використовується метод множинної регресії. Як залежна змінна використовується значення урожайності, а як незалежні змінні – відповідні індикатори [11-13].

Впродовж 2011–2022 рр. середньорічна температура становила, залежно від року, від 7,9 до 9,8°C, що було на 0,8–2,7°C вище за середньо багаторічну температуру, а річна сума опадів коливалась в межах від 440 мм, що була на 162 мм менша за середньобагаторічну суму, до 714 мм, що було на 112 мм більше за середньобагаторічну суму опадів. За 12 років досліджень середня сума опадів за рік становила 595 мм, що було на 7 мм менше за середньобагаторічну норму.

У 2015 році відмічено найвищу середньорічну температуру повітря – 9,5°C, що була на 2,4°C вища норми, а також найменшу суму опадів за рік – 440 мм, що на 162 мм менше середньобагаторічної норми. Це зумовило одержання найнижчої урожайності тринадцяти сільськогосподарських культур із шістнадцяти представлених У 2021 році спостерігалась одна з найнижчих середньорічних температур за досліджуваний період – 8,1°C та більша за середньобагаторічну суму річна кількість опадів – 629 мм, що на 27 мм більше норми. Це сприяло отриманню найвищої урожайності за весь період спостережень 11 сільськогосподарських культур. У 2018 році, коли річна сума опадів була великою – 622 мм, що на 20 мм більше за середньобагаторічну норму, але відмічена висока середньорічна температура повітря, що була на 0,7°C вища, ніж у 2021 році, виявлено високу урожайність п'яти культур [14, 15].

Зафіксоване за останні 50 років триразове збільшення врожайності пшениці, ячменю, кукурудзи та вівса досягнуто завдяки прогресу в селекції рослин, їх захисту та змінам в агротехніці. Цьому також сприяє видима зміна клімату.

У Центральній і Північній Європі, а також у Польщі тривалість вегетаційного періоду збільшилася, і це зрушило календар сільськогосподарських робіт. Підраховано, що підвищення температури вегетаційного періоду на 1°C прискорює дозрівання пшениці на один тиждень, а кукурудзи — на 2 тижні, що в деяких регіонах знижує врожайність пшениці та підвищує врожайність кукурудзи.

Сільське господарство піддається кліматичним ризикам, що зростають. Мінливість урожайності пшениці за період 1955-1971 років порівняно з періодом 1990-2010 років зросла з 6 до 9,4 %, жита з 9,4 до 10,3 %, ярого ячменю з 6,2 до 9,8 %, картоплі з 9,4 до 13,2 % [16, 17].

Послаблення гумідізації клімату в умовах центрального Лісостепу України позитивно вплинуло на динаміку врожайності основних сільськогосподарських культур: урожайність пшениці озимої в період із 1986–1990 рр. по 2016–2022 рр. зросла в 1,10 раза, а валовий збір зерна — у 2,57 раза. Урожайність ячменю ярого з 1913 року по 1986–1990 рр.

зросла на 2,05 т/га, а до періоду 2016–2020 рр. — на 1 т/га відносно 1986–1990 рр. Валовий збір зерна до 1986–1990 рр. зріс в 1,9 раза, але у 2016–2022 рр. знизився до 0,178 млн тонн, або у 2,1 раза, що пов'язано зі зменшенням площ посівів ячменю ярого. Урожайність кукурудзи на зерно в 1986–1990 рр. зросла у 2,4 раза відносно 1913 року, а у 2011–2020 рр. зросла у 4,5 та 1,9 раза відповідно. Валовий збір зерна кукурудзи відносно 1956–1960 рр. у 1981–1990 рр. зріс у 2,3 раза, а у 2016–2020 рр. — у 5 та 2,2 раза відповідно.

Зміни клімату, що вже відбулись і відбуваються в Україні, можуть вплинути на врожайність зернових по різному: у деяких регіонах на Півночі України через підвищення зимових температур і кількості опадів, довший безморозний період і вищу концентрацію CO₂, площі придатних до сільського господарства угідь можуть розширитися. Збільшення тривалості періоду високих температур може стати нормою, загрожуючи виробництву сільськогосподарських культур під час періоду вегетації [18].

За результатами дослідження встановлено, що збільшення температури повітря і зменшення кількості опадів не має негативного впливу на врожайність сільськогосподарських культур. Спостерігається зростання врожайності зернових та зернобобових культур, соняшнику, картоплі, овочів, плодів і ягід, що вказує на їх адаптаційну здатність до змін клімату [19-21].

Мета дослідження — встановити вплив погодних умов вегетаційного періоду на формування продуктивності сортів гороху в східній частині лісостепу України.

Методика досліджень. Дослідження проводили протягом 2006–2020 рр. у стаціонарній сівозміні Інституту рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН методом розщеплених ділянок згідно загальноприйнятих методик. Ґрунт — глибокий слабовилугуваний чорнозем із зернистою структурою. Він характеризується такими агрохімічними показниками: вміст гумусу — 5,8 %; рН — 5,8; гідролітична кислотність — 3,29 мг/екв. на 100 г ґрунту. Запаси поживних речовин на контролі без добрив: азот — 132 мг/кг, фосфор — 104 мг/кг, калій — 128 мг/кг; на фонах із застосуванням мінеральних добрив (N₃₀P₃₀K₃₀): азот — 130-140 мг/кг, фосфор — 180-200 мг/кг, калій — 170-190 мг/кг ґрунту.

Результати та обговорення. В середньому за роки досліджень (2006-2020 рр.) відхилення по середньодобовій температурі становить плюс 2,21 °С. При цьому існує значна різниця за місяцями і роками. Відмічається значне потепління періоду серпень-вересень, на 2,41-2,21 °С, в інші місяці підвищення температури повітря незначні — 0,25 °С у квітні, 0,70 °С у травні, 0,40 °С у червні та 0,64 °С у липні місяці.

Значно більші розбіжності відмічено по роках досліджень. Так, серпень-вересень за всі роки досліджень були теплішими в порівнянні з багаторічними показниками на 0,4-7,4 °C. Дуже велика строкатість за температурним показником відмічається у весняно-літній період. Так, квітень місяць, був прохолоднішим оптимальних значень 4 роки із 15 (2007 – на 1,3; 2009 – на 7,9, 2011 – на 1,4; 2020 – на 1,3 °C).

Травень більш прохолодним 5 років і значно теплішим – 10 років, в середньому - +0,7-4,9 °C. Аналогічна ситуація і по інших місяцях.

Окрім температури повітря надзвичайно велике значення для росту і розвитку рослин та своєчасного проходження фаз і як результат формування продуктивності має кількість опадів за період вегетації. Так, в середньому за роки досліджень сума опадів вегетаційного періоду, в порівнянні з багаторічними значеннями була в межах норми – 305,8 мм при оптимальних показниках 304,6 мм. Відмічена сильна строкатість у їх надходженні залежно від року та місяців. Недостатня кількість вологи відмічалася в 9 роках (від 14,3 мм у 2007 р. до 168,1 мм у 2018 р.), а надлишок – відповідно у 8 роках, з коливаннями від 41,1 мм у 2020 р до 251,8мм у 2011 р.

Квітень місяць був із недостатнім зволоженням в 8 роках із 15, зниження кількості опадів, в порівнянні з багаторічними показниками від 9,8 до 34,4 мм. В той же час 7 років в квітні були більш вологими – на 5,5 – 40,2 мм відповідно. Крім того сім років були менш зволожені і в травні місяці, 8 років – більш зволожені – на 20,3-132,4 мм. Тобто за останні роки все частіше спостерігається недостатня кількість опадів в посівний та післяпосівний періоди для ярих культур, в тому числі і гороху. В інші місяці (червень – вересень) спостерігається аналогічна закономірність – в більшості років недостатня кількість опадів під час вегетації культури, особливо за серпень і вересень.

Окрім кількості опадів важливе значення має їх розподіл по місяцях в період вегетації. В середньому за роки досліджень два місяці були із меншою кількістю опадів порівняно з багаторічними значеннями, це квітень – 9,5 % при нормі 11,7 % та липень – 20,5 і 23,5 % відповідно. У червні місяці кількість опадів вище оптимальних показників – 25,4 проти 20,8 % В інші місяці розподіл опадів був близький до оптимуму.

Дослідження проводили серіями, згідно завдань ПНД. За період досліджень 2006-2020 рр. середня урожайність гороху становила 2,78 т/га.

За контрольного варіанту (без добрив) – 2,54 т/га, післядія 30 т/га гною (фон) – 2,81 т/га, а при використанні фон + N₃₀P₃₀K₃₀ - 2,98 т/га. У середньому за 2006-2010 рр. середня урожайність в досліді становила 3,36 т/га. Мінімальний рівень продуктивності отримано за контрольного варіанту – 3,06 т/га, а максимальний – 3,69 т/га фон + N₃₀P₃₀K₃₀.

Найбільш продуктивним за цей період досліджень був 2008 р, з рівнем урожайності в межах 5,07-5,69 т/га.

За період 2011-2015 рр. середня урожайність сортів гороху становила 2,46 т/га. Відмічена аналогічна, попередньому періоду закономірність по фонах мінерального живлення. Серед років сіл відмітити 2012 р. з рівнем урожайності 3,20-3,96 т/га, в інші роки вона була значно меншою, особливо у 2011 р. – 1,19-1,27 т/га.

За 2016-2018 рр. в середньому отримано по 2,98 т/га гороху, з різницею залежно фонів мінерального живлення – від 2,55 т/га за контрольного варіанту і до 3,28 т/га на варіанті фон + N₃₀P₃₀K₃₀. За період 2019-2020 рр. Середня урожайність культури становила 2,00 т/га, від 1,76 до 2,22 т/га. В цей період відмічено і найнижчий рівень продуктивності в досліді – у 2019 р. – від 0,81 т/га на контролі і до 1,29 т/га на фон + N₃₀P₃₀K₃₀.

Згідно регресійного аналізу, в умовах Харківської області, на чорноземі типовому, відбувається і прогнозується постійне зниження урожайності культури за даних фонів мінерального живлення. Так, для контрольного варіанту, рівняння регресії має вигляд: $y = -0,0835x + 3,2057$, для фону післядії гною - $y = -0,0776x + 3,4296$ і для варіанту фон + N₃₀P₃₀K₃₀ - $y = -0,0812x + 3,6565$.

На нашу думку, такий прогноз урожайності культури, перш за все пов'язаний із змінами клімату – підвищенням середньодобових температур та нерівномірністю розподілу опадів під час вегетаційного періоду гороху.

Для формування високого рівня урожайності сільськогосподарських культур, в тому числі і гороху є своєчасне забезпечення рослин вологою (розподіл опадів на протязі року і особливо періоду вегетації). Розподіл опадів під час вегетаційного періоду – є дуже важливим показником, особливо в останній час. Так, згідно середньобаторічних даних, в умовах зони проведення досліджень (Харківська обл.), розподіл опадів має мати наступний вигляд (від річної норми): квітень – 8,1 %, травень – 10,0 %, червень – 14,5 %, липень – 16,4 % і серпень – 10,7 % (рис. 1).

За результатами досліджень, у квітні місяці 6 років з 15 були з достатнім, або надлишковим зволоженням, а в інші роки кількість опадів в цей період була недостатньою. В травні – відповідно у 8 роках, з них у 2 роки опадів надмірна кількість – 2019 р. – 27,1 % і 2020 р. – 40,3 %. Червень: 1 рік достатня кількість (2008 р.) – 45,8 % і 6 років – надмірна (від 20,2 % до 32,8 %). В липні відповідно – 1 і 5 років і в серпні – за весь час досліджень лише 2 роки були з надмірним зволоженням (2012 р. – 45,7 % та 2013 р. – 29,8 %), а всі інші – з недостатнім.

Слід відмітити, що в літні місяці значна кількість опадів випадає у вигляді ливневих дощів із практично повним стоком, а кількість продуктивної вологи – незначна.

За результатами кореляційного аналізу впливу показника розподілу опадів на рівень урожайності культури (табл. 1) відмічається практично нульова залежність між ними в середньому за 15 років (2006-2020 рр.). Коефіцієнти кореляції в межах від $r =$ мінус 0,158 до $r = 0,061$. В той же час, при розбивці досліду на періоди по 5 років спостерігаються інші впливи. Так, за період 2006-2010 рр. відмічена висока позитивна кореляція із опадами квітня, $r = 0,875-0,911$ та значна із вологою червня – $r = 0,398-0,583$. В травні та червні – коефіцієнти незначні, за виключенням фону 30 т/га гною у червні, де він був негативним $r =$ мінус 0,302.

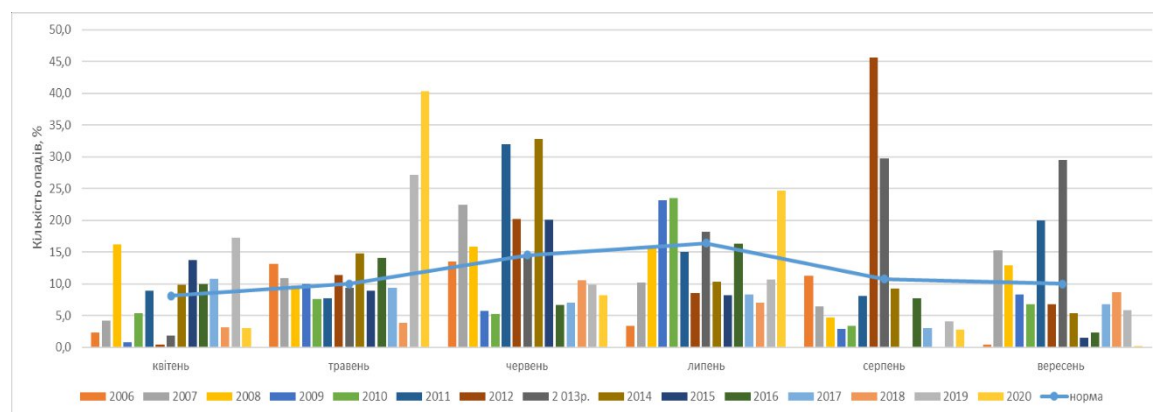


Рис. 1. Розподіл опадів за період вегетації гороху, % за 2006-2020 рр.

В той же час за період 2011-2015 рр. інша закономірність: розподіл опадів у квітні, червні і липні мав негативний вплив на урожайність гороху – $r =$ від мінус 0,452 до мінус 0,366; $r = -0,434-0,324$ та $r = -0,654-0,543$ відповідно місяців. А у травні – взаємозв'язок факторів позитивний – $r = 0,578-0,613$. За період 2016-2020 рр. також відмічено негативні кореляції у квітні та червні місяці – $r =$ від мінус 0,680 до мінус 0,470 та $r = -0,759-0,637$, низький взаємозв'язок показників у травні – $r = 0,178-0,261$. У липні даний показник знижувався із зростанням фону мінерального живлення від $r = 0,344$ за контрольного варіанту до $r = 0,202$ за варіанту післядія 30 т/га гною + $N_{30}P_{30}K_{30}$.

1. Коефіцієнти кореляції між показником розподілу опадів та урожайністю гороху, 2006-2020 рр.

Місяць	2006-2020	2006-2010	2011-2015	2016-2020
--------	-----------	-----------	-----------	-----------

	контроль	гній 30 т/га – фон	фон + N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	контроль	гній 30 т/га – фон	фон + N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	контроль	гній 30 т/га – фон	фон + N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	контроль	гній 30 т/га – фон	фон + N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀
квітень	0,006	0,061	0,023	0,908	0,911	0,875	-0,452	-0,366	-0,425	-0,680	-0,522	-0,470
травень	-0,136	-0,113	-0,096	0,097	0,114	0,125	0,608	0,613	0,578	-0,178	-0,247	-0,261
червень	0,008	-0,052	-0,158	0,583	0,573	0,398	-0,434	-0,360	-0,324	-0,637	-0,754	-0,759
липень	-0,044	-0,109	-0,083	-0,276	-0,302	-0,126	-0,543	-0,650	-0,654	0,344	0,267	0,202

Висновки. У середньому за 2006-2010 рр. середня урожайність в досліді становила 3,36 т/га. Мінімальний рівень продуктивності отримано за контрольного варіанту – 3,06 т/га, а максимальний – 3,69 т/га фон + N₃₀P₃₀K₃₀.

За результатами досліджень, у квітні місяці 6 років з 15 були з достатнім, або надлишковим зволоженням, а в інші роки кількість опадів в цей період була недостатньою. В травні – відповідно у 8 роках, з них у 2 роки опадів надмірна кількість – 2019 р. – 27,1 % і 2020 р. – 40,3 %. Червень: 1 рік достатня кількість (2008 р.) – 45,8 % і 6 років – надмірна (від 20,2 % до 32,8 %). В липні відповідно – 1 і 5 років і в серпні – за весь час досліджень лише 2 роки були з надмірним зволоженням (2012 р- 45,7 % та 2013 р- 29,8 %), а всі інші – з недостатнім.

За результатами кореляційного аналізу впливу показника розподілу опадів на рівень урожайності культури відмічається практично нульова залежність між ними в середньому за 15 років (2006-2020 рр.). В той же час за період 2006-2010 рр. відмічена висока позитивна кореляція із опадами квітня, $r = 0,875-0,911$ та значна із вологою червня – $r = 0,398-0,583$. За 2011-2015 рр. розподіл опадів у квітні, червні і липні мав негативний вплив на урожайність гороху – $r =$ від мінус 0,452 до мінус 0,366; $r = -0,434-0,324$ та $r = -0,654-0,543$ відповідно місяців. А у травні – взаємозв'язок факторів позитивний – $r = 0,578-0,613$. За 2016-2020 рр. також відмічено негативні кореляції у квітні та червні місяці – $r =$ від мінус 0,680 до мінус 0,470 та $r = -0,759-0,637$, низький взаємозв'язок показників у травні – $r = 0,178-0,261$.

Конфлікт інтересів. Немає.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. У сезоні 2022 врожай гороху в Україні був найнижчим за 10 років.
URL: <https://kurkul.com/news/33108-u-sezoni-2022-vrojaj-gorohu-v-ukrayini-buv-naunijchim-za-10-rokiv>
2. Виробництво гороху в Україні значно скоротилось через війну.
URL: <https://superagronom.com/news/17124-virobnitstvo-gorohu-v-ukrayini-znachno-skorotilos-cherез->

[viynu#:~:text=Йдеться%20про%20регіони%2C%20які%20були,показник%20за%20останні%2010%20років.](#)

3. Чому варто вирощувати горох в Україні? URL: <https://agro-e.com.ua/chomu-varto-vyroshchuvaty-horokh-v-ukrayini>

4. Світове виробництво гороху у 2023/24 МР трохи збільшиться – прогноз. URL: <https://www.apk-inform.com/uk/news/1539962> (25.08.2024)

5. Кучер А. Адаптація аграрного землекористування до змін клімату. *Agricultural and Resource Economics: International Scientific E-Journal*. 2017. Vol. 3. No. 1. С. 119–138. URL: are-journal.com.

6. Про затвердження Методичних рекомендацій для здійснення оцінки ризиків та вразливості соціально-економічних секторів та природних складових до зміни клімату: Наказ Міндовкілля від 03.06.2023 р. № 386. URL: mepr.gov.ua/wp-content/uploads/2023/07/4_Metodychni-rekomendatsiyi-dlya-zdiysnennya-otsinky-ryzykiv-ta-vrazlyvosti-sotsialno-ekonomichnyh-sektoriv-ta-prirodnyh-skladovyh-do-zminy-klimatu.pdf

7. Жаліло Я., Русан В., Жураковська Л.. Особливості функціонування сільського господарства в умовах кліматичних змін. Національний інститут стратегічних досліджень. URL: <https://niss.gov.ua/doslidzhennya/ekonomika/osoblyvosti-funktsionuvannya-silskoho-hospodarstva-v-umovakh-klimatychnykh>

8. Кривохижа Є. М., Матвіїшин А. І., Бринь В. Т. Вплив зміни клімату на врожайність основних сільськогосподарських культур в Україні. Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка. 2024. № 44. С. 33-37. <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2024-3.5>.

9. Особливості формування зернової продуктивності рослин різних сортів гороху в умовах північного Степу України. /Гирка А. Д., та інші. Зернові культури. 2018. Т. 2, № 2. С. 267–273. <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0035>.

10. Колосовська В. В. Агроекологічні особливості формування продуктивності гороху в умовах змін клімату в лісостеповій зоні України. URL: http://eprints.library.odeku.edu.ua/id/eprint/6389/1/pdaa_2019_87.pdf

11. Оцінювання впливу змін клімату на продуктивність агроєкосистем за супутниковими даними. Рекомендації. О.Г. Тараріко та ін. Київ: Аграрна наука, 2021. 40 с.

12. Цехмейструк М., Шелякін В., Глубокий О., Жижка Н. Горох: не забуваємо «старі» культури. Агробізнес сьогодні. 2014. № 3(274). С. 30-32. URL: <https://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/401-horokh-ne-zabuvaemo-stari-kultury.html>

13. Бурикiна С.І., Вельвер М.О., Капустiна Г.А. Агрономiчна ефективнiсть добрив при вирощуваннi гороху в умовах змiн клiмату Причорноморського степу. Таврiйський науковий вiсник. Землеробство,

рослинництво, овочівництво та баштанництво. 2020. № 114. С. 33-43.
<https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.114.5>

14. Ткачук О.П., Вітер Н.Г. Динаміка кліматичних показників та їх вплив на урожайність основних сільськогосподарських культур у Вінницькій області. *Аграрні інновації. Меліорація, землеробство, рослинництво*. 2023. № 17. С. 139-149.
<https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.17.19>

15. Вплив абіотичних чинників на реалізацію потенціалу врожайності сортів гороху. / Василенко А.О., та інші. *Селекція і насінництво*. № 127. 2025. С. 35-45

16. Вирощування зернових в умовах зміни клімату: як адаптуватись. URL: <https://www.growhow.in.ua/vyroshchuvannia-zernovykh-v-umovakh-zminy-klimatu-iak-adaptuvatys/>

17. Лихочвор В. В., Андрушко М. О., Продуктивність гороху залежно від сорту та норм висіву. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2020. Вип. 2. С. 54-62. 10.31521/2313-092X/2020-2(106)-6

18. Олександр Демиденко, Вікова зміна клімату та продуктивності агроценозів центрального Лісостепу України. URL: <https://agronomy.com.ua/statti/2155-vikova-zmina-klimatu-ta-produktyvnosti-ahrotsenoziv-tsentralnoho-lisostepu-ukrainy.html>

19. Мороз В. В., Воробель М. І., Гармадій О. С. Вплив зміни клімату на врожайність сільськогосподарських культур Карпатського регіону. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2016. Вип. 60. С. 118-125.

20. Усик С.В. Єщенко В.О. Урожайність гороху в короткоротаційних сівоzmінах залежно від інтенсивності природного зволоження чорнозему опідзоленого. *Таврійський науковий вісник* № 100 Т. 2. Землеробство, рослинництво, овочівництво та баштанництво. 2018. С. 97-104.

21. Дворецька С.П., Рябокінь Т.М., Каражбей Т.В., Вплив агрометеорологічних умов на формування продуктивності сортів гороху. *Збірник наукових праць ННЦ "Інститут землеробства НААН"*. Випуск 1, 2016. С. 36-45.

REFERENCES

1. In the 2022 season, the pea harvest in Ukraine was the lowest in 10 years. <https://kurkul.com/news/33108-u-sezoni-2022-vrojaj-gorohu-v-ukrayini-buv-naynijchim-za-10-rokiv>.

2. Pea production in Ukraine has significantly decreased due to the war. <https://superagronom.com/news/17124-virobnitstvo-gorohu-v-ukrayini-znachno-skorotilos-cherez-viynu#:~:text=We are talking about regions that were, indicators for the last 2010s>.

3. Why is it worth growing peas in Ukraine? <https://agro-e.com.ua/chomu-varto-vyroshchuvaty-horokh-v-ukrayini>
4. World pea production in 2023/24 MY will increase slightly - forecast. <https://www.apk-inform.com/uk/news/1539962> (08/25/2024)
5. Kucher A. (2017). Adaptation of agricultural land use to climate change. *Agricultural and Resource Economics: International Scientific E-Journal*. 3. 1. 119–138. are-journal.com.
6. On approval of Methodological recommendations for assessing risks and vulnerability of socio-economic sectors and natural components to climate change: Order of the Ministry of Environment of 03.06.2023 No. 386. mepr.gov.ua/wp-content/uploads/2023/07/4_Metodychni-rekomendatsiyi-dlya-zdiysnennya-otsinky-ryzykiv-ta-vrazlyvosti-sotsialno-ekonomichnyh-sektoriv-ta-prirodnyh-skladovyh-do-zminy-klimatu.pdf
7. Zhalilo Ya., Rusan V., Zhurakovska L.. Features of the functioning of agriculture in conditions of climate change. National Institute for Strategic Studies. <https://niss.gov.ua/doslidzhennya/ekonomika/osoblyvosti-funktsionuvannya-silskoho-hospodarstva-v-umovakh-klimatichnykh>
8. Kryvokhizha E. M., Matviyishyn A. I., Bryn V. T. (2024). The impact of climate change on the yield of major agricultural crops in Ukraine. *Podolskyi visnyk: agriculture, technology, economics*. 44. 33-37. <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2024-3.5>.
9. Features of the formation of grain productivity of different varieties of pea plants in the conditions of the northern Steppe of Ukraine. /Girka A. D., et al. *Grain crops*. (2018). 2. 2. 267–273. <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0035>.
10. Kolosovska V. V. Agroecological features of the formation of pea productivity under climate change in the forest-steppe zone of Ukraine. http://eprints.library.odeku.edu.ua/id/eprint/6389/1/pdaa_2019_87.pdf
11. Assessment of the impact of climate change on the productivity of agroecosystems using satellite data. Recommendations. O.G. Tararik et al. Kyiv: Agrarian Science, 2021. 40 p.
12. Tsekhmeystruk M., Shelyakin V., Gluboky O., Zhizhka N. (2014). Peas: let's not forget the "old" crops. *Agribusiness today*. 3(274). 30-32. <https://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/401-horokh-ne-zabuvaiemo-stari-kultury.html>
13. Burykina S.I., Velter M.O., Kapustina G.A. (2020). Agronomic efficiency of fertilizers when growing peas in conditions of climate change in the Black Sea steppe. *Tavria Scientific Bulletin. Agriculture, crop production, vegetable growing and melon growing*. 114. 33-43. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.114.5>
14. Tkachuk O.P., Viter N.G. (2023). Dynamics of climatic indicators and their impact on the yield of the main agricultural crops in Vinnytsia

region. *Agrarian innovations. Reclamation, agriculture, crop production*. 17. 139-149. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.17.19>.

15. The influence of abiotic factors on the realization of the yield potential of pea varieties. / Vasylenko A.O., et al. (2025) *Breeding and seed production*. 127. 35-45

16. Growing cereals in conditions of climate change: how to adapt. URL: <https://www.growhow.in.ua/vyroshchuvannia-zernovykh-v-umovakh-zminy-klimatu-iak-adaptuvatsya/>.

17. Lykhochvor V. V., Andrushko M. O. (2020). Pea productivity depending on the variety and sowing rates. *Bulletin of agricultural science of the Black Sea region*. 2. 54-62. 10.31521/2313-092X/2020-2(106)-6

18. Oleksandr Demydenko, Age-related climate change and productivity of agrocenoses of the central forest-steppe of Ukraine. <https://agronomy.com.ua/statti/2155-vikova-zmina-klimatu-ta-produktyvnosti-ahrotsenoziv-tsentralnoho-lisostepu-ukrainy.html>

19. Moroz V. V., Vorobel M. I., Garmadiy O. S. (2016). The impact of climate change on the yield of agricultural crops in the Carpathian region. *Foothill and mountain agriculture and animal husbandry*. 60. 118-125.

20. Usyk S. V. Yeshchenko V. O. (2018). Pea yield in short-rotation crop rotations depending on the intensity of natural moistening of podzolized chernozem. *Tavria Scientific Bulletin. Agriculture, plant growing, vegetable growing and melon growing*. 100. 2. 97-104.

21. Dvoretzka S.P., Ryabokin T.M., Karazhbey T.V. (2016). The influence of agrometeorological conditions on the formation of productivity of pea varieties. *Collection of scientific works of the National Scientific Center "Institute of Agriculture of the National Academy of Sciences of Ukraine"*. 1, 36-45.

O. M. Gluboky, Doctor of Philosophy, V. Ya. Yuryev Institute of Plant Breeding, NAAS, Kharkiv, Ukraine

M. G. Tsehmeistruk, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher, State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine

Peas yield depends on weather conditions

Abstract. Problem statement. An increase in air temperature and a decrease in precipitation does not have a negative impact on the yield of agricultural crops. There is an increase in the yield of grain and leguminous crops, sunflower, potatoes, vegetables, fruits and berries, which indicates their adaptive ability to climate change. The purpose of the study is to establish the influence of weather conditions of the growing season on the formation of the productivity of pea varieties in the eastern part of the forest-steppe of Ukraine. Materials, methods, meteorological conditions. The study was conducted during 2006–2020 in the stationary crop rotation of the V. Ya. Yuryev Institute of Plant Production of the NAAS using the split-plot method according to generally accepted methods. The soil is deep slightly leached black soil with a granular structure. It is characterized by the following agrochemical indicators: humus content – 5.8%; pH – 5.8; hydrolytic acidity –

3.29 mg/eq. per 100 g of soil. Nutrient reserves in the control without fertilizers: nitrogen – 132 mg/kg, phosphorus – 104 mg/kg, potassium – 128 mg/kg; in the background with the use of mineral fertilizers (N30P30K30): nitrogen – 130-140 mg/kg, phosphorus – 180-200 mg/kg, potassium – 170-190 mg/kg of soil. **Results.** On average over the years of research (2006-2020), the deviation in the average daily temperature is plus 2.21 °C. At the same time, there is a significant difference by month and year. A significant warming of the August-September period is noted, by 2.41-2.21 °C, in other months the increase in air temperature is insignificant - 0.25 °C in April, 0.70 °C in May, 0.40 °C in June and 0.64 °C in July. Insufficient moisture was observed in 9 years (from 14.3 mm in 2007 to 168.1 mm in 2018), and excess - respectively in 8 years, with fluctuations from 41.1 mm in 2020 to 251.8 mm in 2011. On average, over the years of research, two months had less precipitation compared to multi-year values, these are April - 9.5% with a norm of 11.7% and July - 20.5 and 23.5%, respectively. In June, the amount of precipitation is above optimal indicators - 25.4 against 20.8%. In other months, the distribution of precipitation was close to the optimum. **Conclusions.** In April, 6 years out of 15 were with sufficient or excessive moisture, and in the others - with insufficient. In May - respectively in 8 years. June: 1 year sufficient amount (2008) and 6 years - excessive. In July - respectively - 1 and 5 years and in August - for the entire period of research, only 2 years were with excessive moisture, and all the others - with insufficient. According to the results of the correlation analysis of the influence of the precipitation distribution indicator on the level of crop yield, there is practically zero dependence between them on average for 15 years (2006-2020). At the same time, for the period 2006-2010, a high positive correlation was noted with April precipitation, $r = 0.875-0.911$ and a significant one with June humidity - $r = 0.398-0.583$. In 2011-2015, the distribution of precipitation in April, June and July had a negative impact on pea yield - $r =$ from minus 0.452 to minus 0.366; $r = -0.434-0.324$ and $r = -0.654-0.543$, respectively. And in May, the correlation of factors was positive - $r = 0.578-0.613$. In 2016-2020, negative correlations were also noted in April and June - $r =$ from minus 0.680 to minus 0.470 and $r = -0.759-0.637$, low correlation of indicators in May - $r = 0.178-0.261$.

Keywords: peas, productivity, yield, precipitation, precipitation distribution, correlation coefficient

УДК 631.559:631.11.631.5

DOI 10.5281/zenodo.18494365

В.В. Могилевська, доктор філософії, асистент кафедри агрохімії
Л.А. Свиридова, канд. с.г. наук, доцент кафедри рослинництва
 Державний біотехнологічний університет, Харків, Україна

БІОЛОГІЧНА ВРОЖАЙНІСТЬ ЗЕРНА ГІБРИДІВ СОРГО ЗЕРНОВОГО ЗАЛЕЖНО ВІД ФОРМ І ДОЗ ДОБРІВ

Sorgho *Sorghum bicolor* (L.) Moench використовують як зернову, кормову, технічну та продовольчу культуру. Метою наших досліджень було з'ясування впливу різних форм і доз добрив на врожайність нових гібридів сорго зернового в умовах Східного Лісостепу України. Двофакторний польовий дослід закладено методом розщеплених ділянок у триразовій повторності на дослідному полі

Державного біотехнологічного університету, яке розташоване в Східному Лісостепу України. Для повноти проведення досліджень та оцінки отриманих результатів використовували узагальнювальний, польовий і статистичний методи. Вивчення впливу різних систем застосування органічних і мінеральних добрив у різних частинах світу свідчить про те, що їх застосування в агроєкосистемах, Південного Судану, Індії, Ефіопії, країн Африки та інших країн сприяє підвищенню врожайності зерна сорго, поліпшенню якості вирощеного врожаю, зростанню рентабельності зерна та різних видів корму із соргових культур. Вітчизняні дослідники пропонують різні системи удобрення для формування сталих урожаїв зерна та підвищення його якості в ґрунтово-кліматичних зонах України. За середніми трирічними (2021, 2023–2024 рр.) результатами досліджень встановлено, що в умовах Східного Лісостепу України доцільно вирощувати середньоранній гібрид Aggil F1 та ранньостиглий гібрид Brigga F1 французької селекції, які в цій зоні досліджень мають період вегетації 124 і 119 днів відповідно. За варіанта застосування Renovation Fuerza в дозі 100 кг/га отримано врожайність 7,75 і 7,41 т/га зерна відповідно. Обидва гібриди за цього варіанта внесення добрива за різних погодних умов формують стабільно високу врожайність. Приріст урожайності зерна гібрида Aggil F1 порівняно з абсолютним і зональним контролем становив відповідно 2,04 і 2,49 т/га та 1,18 і 1,63 т/га, або 26,9 і 31,9 та 9,2 та 13,4 %. Математично доведено перевагу в усі роки досліджень середньораннього гібрида сорго зернового Aggil F1 порівняно з ранньостиглим гібридом Brigga F1. В умовах Східного Лісостепу України слід поєднувати сівбу цих гібридів та застосування добрива Renovation Fuerza в дозі 100 кг/га. Частка різних систем стебел гібридів сорго зернового в загальній біологічній врожайності зерна коливається залежно від застосування різних форм і доз добрив. Значний вплив мають погодні умови вегетаційного періоду. Максимальний відсоток головних стебел формувалася у гібридів Aggil F1 та Brigga F1 за варіанта внесення Renovation Fuerza в дозі 100 кг/га.

Ключові слова: сорго зернове, *Sorghum bicolor* (L.) Moench, гібриди, форми і дози добрив, урожайність, частка головних і бічних стебел.

Вступ. Одним зі шляхів отримання достатньої кількості продовольчого та фуражного зерна є вирощування високопродуктивних зернових культур, у тому числі сорго зернового, яке формує високі врожаї в умовах недостатнього і нестійкого зволоження [1].

На всіх етапах росту і розвитку сорго зернового потрібно враховувати велику кількість технологічних операцій при вирощуванні, які залежать одна від одної та впливають на формування стабільно високих урожаїв зерна. Вивчення елементів технології вирощування нових гібридів сорго зернового, зокрема форм і доз добрив, та їх впливу на врожайність дає змогу підвищити продуктивність і конкурентоспроможність цих гібридів. Установлення оптимальних комбінацій добрив спрямовано на максимальну реалізацію потенціалу продуктивності культури в умовах виробництва.

Дослідженнями зарубіжних учених доведено, що внесення органічних добрив у долині Південного Судану Буркіно-Фасо сприяє збільшенню врожаю та поліпшенню його якості в цих умовах,

підвищенню рентабельності культури [2]. Розроблено рекомендації для різних агроєкосистем західної Африки, у тому числі для сорго зернового [3]. Для напівпосушливих районів Ефіопії пропонується використання азоту й неорганічних добрив та доведено їх вплив на збільшення врожайності зерна [4]. Для богарних умов регіонів Індії досліджено вплив мікроелементів на ріст рослин та врожайність сорго [5]. Науковці К. Suresh, Т. Srinivas вивчали вплив зрошення та застосування добрив для отримання високих та якісних врожаїв цієї культури. Польовий експеримент показав, що поєднання доз добрив та зрошення сприяє збільшенню врожайності на варіантах від 6,3 до 17,4 % та збільшенню вмісту протеїну [6].

Вітчизняні вчені В. В. Іваніна та К. Л. Пашинська [7] досліджували формування якості зерна в посівах сорго зернового за різних систем удобрення в Лісостеповій зоні України. Трирічні дослідження, проведені в Інституті землеробства НААНУ [8], було спрямовано на з'ясування ефективності різних доз добрив при вирощуванні сорго зернового в Лісостепу України. Результати досліджень свідчать, що за різних доз внесення добрив під сорго зернове в умовах достатнього зволоження на чорноземі вилугуваному легкосуглинковому сприяло зростанню врожайності зерна порівняно з контролем без добрив на 12–39 %. Органо-мінеральної системи удобрення забезпечила врожайність зерна 8,5 т/га з перевищенням за варіанта контроль (без добрив) на 2,4 т/га.

Учені В. М. Найденко та С. М. Каленська вивчали особливості формування елементів структури врожаю сорго зернового залежно від ширини міжрядь та системи удобрення. За різних доз добрив урожайність гібридів сорго зернового в умовах Лівобережного Лісостепу України в середньому за три роки змінюється від 4,89 до 8,69 т/га. Коливання урожайності за впливу досліджуваних чинників склали від 3,98 до 9,14, в тому числі по гібридах: 'Лан 59' – 3,98–6,03; 'Брігго F1' – 6,49–9,14; 'Бургго F1' – 6,45–8,49 т/га. Максимальна урожайність усіх гібридів формувалась за ширини міжрядь 50 см: 'Лан 59' – 5,40; 'Брігго F1' – 8,48; 'Бургго F1' – 7,86 т/га. За збільшення норми передпосівного азоту до N_{60} порівняно з N_{20} урожайність збільшувалась у гібрида: 'Лан 59' на 0,41–0,51 т/га; 'Брігго F1' – 0,27–0,40; 'Бургго F1' – 0,22–0,29 т/га. [9]. Науковці В. П. Малярчук, В. В. Сидоренко та А. С. Малярчук протягом 2018–2020 рр. вивчали вплив основних способів обробітку ґрунту й удобрення на посівах сорго зернового. Дослідники пропонують в умовах Південного Степу України проводити оранку на глибину 28–30 см та застосовувати азотні добрива в дозі 60 кг/га, що в роки досліджень забезпечує отримання врожаю на рівні 5,44 т/га. [10]. Дослідник П. В. Климович виявляв ефективність доз і строків застосування добрив під сорго зернове в Правобережному Лісостепу України. За варіанта з насиченістю $N_{135}P_{135}K_{135}$ і дозами добрив

N₂₀₀P₂₀₀K₂₀₀ під сорго зернове у порівнянні з контролем (7,21 т/га) вона підвищилась на 2,5 т/га, або 35%, а у варіанті з насиченістю добривами 13,5 т/га гною+N₆₈P₁₀₁K₅₄ і внесенням під сорго N₁₅₀P₁₅₀K₁₅₀ одержано приріст урожайності 2,83 т/га (39 %) [11].

Учені О. С. Тітаренко та Л. М. Карпук розглядали вплив різних заходів догляду за посівами сорго зернового – стимуляторів з різним складом та мікродобрив на врожайність і енергетичну ефективність сорго звичайного двокольорового. При вирощуванні гібриду сорго Брігга, вищі показники урожайності зерна було отримано на варіанті з використанням позакореневого

удобрення мікродобривом Альфа-Гроу-Екстра у поєднанні з регулятором росту Стимпо, – 7,71 т/га, а за вирощування гібриду Ютамі, на варіанті застосування позакореневого удобрення мікродобривом Альфа-Гроу-Екстра, у комбінації з обома регуляторами росту отримано урожайність – 8,89 та 8,88 т/га. [12]. Групою вчених виявлено залежність продуктивності сорго звичайного двокольорового від рівня мінерального живлення й густоти стояння та новітніх елементів у технологіях вирощування сорго [13–14].

Серед учених немає єдиної думки щодо доз добрив, їх діапазону використання. Одні дослідники вважають кращим застосування невеликих доз азоту, фосфору і калію при сівбі, інші рекомендують вищі дози добрив під основний обробіток ґрунту. Тому це питання потребує детального подальшого дослідження, особливо з появою нових високопродуктивних сортів і гібридів вітчизняної та зарубіжної селекції [15–18].

Мета дослідження. Метою дослідження було з'ясування впливу різних форм і доз добрив на врожайність нових гібридів сорго зернового в умовах Східного Лісостепу України. Завданням дослідження було визначення біологічної врожайності зерна залежно від різних форм і доз добрив та ефекту поєднання комбінацій форм і доз добрив та гібридів.

Матеріали і методи. Двофакторний польовий дослід проведено на дослідному полі Державного біотехнологічного університету протягом 2021, 2023–2024 рр. відповідно до методики проведення польового дослідження [19]. Ґрунт дослідного поля – чорнозем типовий глибокий важкосуглинковий на карбонатному лесі. Вміст гумусу в орному шарі 4,4–4,7 %, рухомого фосфору (за Чириковим) – 13,8 мг, калію – 10,3 мг на 100 г ґрунту [20]. Для повноти досліджень та їх всебічної оцінки щодо вивчення впливу різних форм і доз добрив на врожайність гібридів сорго зернового застосовували такі методи: узагальнювальний – для вивчення цієї проблеми у світовій та вітчизняній літературі, польовий – для проведення польових досліджень, біометричних вимірювань та супутніх досліджень і статистичний метод – для вивчення вірогідності даних та з'ясування взаємодії.

Двофакторний польовий дослід мав таку схему дослідження: *фактор А* – гібриди сорго зернового Aggil F1 і Brigga F1; *фактор Б* – форми і дози добрив – абсолютний контроль, зональний контроль (Нітроамофоска 100 кг/га, співвідношення NPK 16:16:16), Dura SOP – 80 кг/га, Dura SOP – 100 кг/га (співвідношення NPK 10:10:17), Renovation Fuerza – 80 кг/га, Renovation Fuerza – 100 кг/га (співвідношення NPK 8:14:6). В досліді працювали з інноваційними добривами компанії Fertinagro (Іспанія). Комплексне добриво з симулятором росту Renovation Fuerza до складу якого входять амінокислоти та солі гумінових кислот. Для досягнення більшої ефективності добрива до існуючої технології включені технології: prolife – активатор складної мікробної флори; duramon – контроль вивільнення азоту, що пристосований до потреб культури і умов навколишнього середовища; protect – захист фосфору від зв'язування; actibion – стимуляція росту коріння, підвищення поглинання поживних речовин і розвитку кореневої системи; microvit – додавання комплексу мікроелементів; SOP – джерело калію – сульфат калію. У комплексному гранульованому добриві Dura SOP використані наступні технології: duramon, protect, microvit та SOP. Різні технології виготовлення добрив Renovation Fuerza та Dura SOP та Нітроамофоски (Україна) дають підставу визначенню їх, як різних за формою добрив. Спеціалістами компанії Fertinagro рекомендовано застосування досліджуваних добрив Renovation Fuerza та Dura SOP при посіві в дозах 80–100 кг/га, тому було прийнято рішення про дослідження саме цих доз добрив. Площа облікової ділянки 12 м². Норма висіву обох гібридів у всі роки досліджень становила 200 тис. шт./га, спосіб сівби – широкорядний із шириною міжрядь 45 см.

Погодні умови років досліджень значно різнилися за температурою та кількістю опадів. У 2021 р. температура квітня–травня була нижчою за середні багаторічні показники на 7,2 і 8,7 °С. Червень–липень характеризувалися температурними показниками, близькими до середніх багаторічних. Температури серпня, вересня та жовтня перевищували середні багаторічні показники. У 2023 р. температурні показники квітня–травня були на 2,9 і 0,6 °С вищі за середні багаторічні. Температура в червні була близькою до середніх багаторічних показників, а в липні та серпні перевищувала їх на 1,5 і 3,6 °С. Вересень та жовтень мали значно вищі температури порівняно із середніми багаторічними. У 2024 р. температурні показники у квітні перевищували середні багаторічні, а в травні – навпаки, були на 1,8 °С нижчими. Період червня–жовтня характеризувався значно вищою температурою, а особливо високі показники зафіксовано в липні і серпні, коли в окремі дні температура сягала 30–33 °С.

Кількість опадів у квітні, травні та червні 2021 р. була вищою від середньорічних показників, по місяцях перевищення становило 8,7; 2,5;

30,9 мм. Липень, серпень та вересень були посушливими з меншою кількістю опадів. Порівняно із середніми багаторічними даними, у квітні 2023 р. випала майже вдвічі більша кількість опадів, а у травні–червні їх кількість була меншою на 18,3 і 27 мм. У липні відзначали перевищення на 82,8 мм, серпень і вересень були сухими. У квітні, травні та червні 2024 р. випала значно менша кількість опадів – відповідно на 14,9; 11,5 і 14,5 мм, а починаючи з липня і до кінця жовтня опадів не спостерігалось.

Отже, кліматичні умови дослідного поля у 2021 і 2023 рр. були сприятливими для вирощування сорго зернового, а тривала посуха (понад 100 днів) у 2024 р. вплинула на формування структури врожаю сорго зернового.

Агротехніка проведення досліджень загальноприйнята для Східного Лісостепу України, крім досліджуваних елементів. Сівбу проводили селекційною сівалкою СН-16, урожай збирала селекційним комбайном «Сампо -130» під час повної стиглості зерна сорго зернового.

Результати та їх обговорення. Головна роль у формуванні біологічної врожайності належить системі головних стебел рослин. Це закономірно пояснюється біологічно зумовленою особливістю рослин сорго формувати продуктивну кущистість залежно від чинників технології вирощування та погодних умов періоду вегетації. Наші дослідження показали, що частка головних стебел у формуванні загальної біологічної врожайності зерна коливається в досліджуваних гібридів за варіантами досліджень та погодними умовами років (табл. 1).

1. Частка різних систем стебел головних нових гібридів сорго зернового у біологічній урожайності зерна за впливу різних форм і доз добрив, % (середнє за 2021, 2023–2024 рр.)

Гібрид (В)	Варіант (В)	2021 р.		2023 р.		2024 р.		Середнє за 2021, 2023–2024 рр.	
		ГС	БС	ГС	БС	ГС	БС	ГС	БС
Aggil F1	1*	74	26	75	25	82	18	77	23
	2	75	25	76	24	88	12	80	20
	3	77	23	78	22	92	8	82	18
	4	79	21	81	19	93	7	84	16
	5	78	22	80	20	97	3	85	15
	6	83	17	84	16	97	3	88	12
Brigga F1	1*	71	29	73	27	89	11	78	22
	2	72	28	74	26	93	7	80	20
	3	77	23	78	22	94	6	83	17
	4	77	23	80	20	96	4	84	16
	5	78	22	81	19	98	2	86	14
	6	86	14	89	11	99	1	91	9

*1 – АК (абсолютний контроль); 2 – ЗК (зональний контроль– Нітроамофоска 100 кг/га); 3 – Dura SOP 80 кг/га; 4 – Dura SOP 100 кг/га; 5 – Renovation Fuerza 80 кг/га; 6 – Renovation Fuerza 100 кг/га, ГС – головні стебла, БС – бічні стебла.

У гібрида Aggil F1 та Brigga F1 найбільша частка головних стебел формується за варіанта застосування Renovation Fuerza в дозі 100 кг/га. Особливо високий відсоток головних стебел формується за цього варіанта в обох гібридів за несприятливих погодних умов – 95 %. За цього варіанта в найбільш сприятливому для росту і розвитку 2021 р. відсоток головних стебел у досліджуваних гібридів становив відповідно 88 і 91 %.

Умови вегетації 2024 р. сприяли зменшенню кількості бічних стебел за варіантів застосування Renovation Fuerza в дозах 80 і 100 кг/га. У середньому за три роки в гібрида Aggil F1 цей показник становив 15 і 11 %, а в гібрида Brigga F1 – 13 і 10 %.

Найвищий відсоток бічних стебел за цих варіантів формується в обох гібридів в умовах вегетації 2023 р.: у гібрида Aggil F1 – 20 і 17 %, у гібрида Brigga F1 – 17 % за обох варіантів.

За варіантів абсолютного і зонального контролю ці показники найвищі за трирічні дослідження у гібрида Aggil F1 – 29 і 23 %, а у гібрида Brigga F1 – 24 і 23 % відповідно.

На нашу думку, застосування добрив Dura SOP та Renovation Fuerza за обох доз 80 і 100 кг/га сприяли формуванню більшої частки головних стебел за рахунок переваги в ефективності використання елементів живлення з цих добрив. В обох форм добрив контролюється вивільнення азоту, пристосованого до потреб культури і умов довкілля, та невеликий відсоток фосфору – 10 та 14 %, захищений від зв'язування. Ці добрива вміщують мікроелементи в хелатній формі – сірку, магній, кальцій, марганець, цинк, бор, залізо, джерело калію – сульфат калію. Водночас певний вплив мали також погодні умови, які відрізнялися за роками досліджень, підсилюючи чи зменшуючи дію добрив.

Частка впливу факторів в обох гібридів за оптимальних погодних умов 2021 р. становила: вплив гібридів – 1 %, форм і доз добрив – 97 % та взаємодія гібридів та форм і доз добрив – 2 %. За гірших погодних умов 2023 р. розподіл часток впливу факторів був дещо іншим: частка гібрида – 18 %, вплив форм і доз добрив – 40 % та їх взаємодія – 42 %. У посушливих умовах 2024 р. найвищим був вплив добрив – 54 %, взаємодія гібридів та форм і доз добрив – 45 %, а частка впливу гібридів – 1 %.

Досліджувані варіанти застосування різних форм і доз добрив викликали значні зміни показників біологічної урожайності зерна гібридів сорго зернового (табл. 2).

Найвищу врожайність у досліді в обох гібридів у середньому за три роки отримано за варіанта внесення Renovation Fuerza в дозі 100 кг/га: у гібрида сорго зернового Aggil F1 – 7,75 т/га, у гібрида Brigga F1 – 7,41 т/га, а коливання врожайності по роках досліджень у гібрида Aggil F1 становило: 1,12; 0,04 та -1,15 т/га, або 14,4; 0 та -14,8 %, у гібрида Brigga F1 ці показники відповідно становили: 1,01; 0,64 і -1,66 т/га або 13,6; 8,6 та -22,4 %.

Застосування Renovation Fuerza в дозі 80 кг/га формує меншу врожайність зерна порівняно з дозою 100 кг/га, але перевагу цієї дози внесення в передпосівну культивування математично доведено для 2023 та 2024 рр. лише для гібрида Aggil F1, а для гібрида Brigga F1 – лише для умов вегетації 2023 р. В умовах вегетації 2021 р. отримана нами врожайність за варіантів Renovation Fuerza в дозах 80 і 100 кг/га у обох гібридів – це цифри одного порядку і спостерігається лише тенденція до зростання врожайності.

За варіанта застосування зональний контроль (Нітроамофоска 100 кг/га) зростає врожайність в обох гібридів відповідно на 0,86 та 0,77 т/га порівняно з абсолютним контролем. У гібрида Aggil F1 застосування Dura SOP в дозах 80 і 100 кг/га сприяє отриманню приросту врожайності порівняно з абсолютним контролем на 1,42 і 1,68 т/га, а із зональним контролем на – 0,56 і 0,82 т/га. Застосування Renovation Fuerza в цих же дозах порівняно з абсолютним контролем збільшувало врожайність на 2,04 і 2,49 т/га, або на 26,9 і 31,9 %, а порівняно із зональним – на 1,18 і 1,63 т/га, або на 9,2 і 13,4 %,.

У гібрида Brigga F1 застосування добрива Dura SOP в дозах 80 і 100 кг/га забезпечило приріст урожайності порівняно з абсолютним контролем 1,41 і 1,64 т/га, або 28,7 і 33,4 %, а порівняно із зональним контролем – 0,64 і 0,87 т/га, або 15,3 і 28,0 %. За варіантів застосування Renovation Fuerza в дозах 80 і 100 кг/га приріст урожайності порівняно з абсолютним і зональним контролем становить 2,36 і 2,50 т/га та 1,59 і 11,73 т/га, або 48,1; 50,9; 28,0 і 30,5 % відповідно.

2. Біологічна врожайність гібридів сорго зернового Aggil F1 і Brigga F1 залежно від форм і доз добрив, середнє за 2021, 2023–2024 рр.

Гібрид	Варіант	Урожайність, т/га			Середня	Приріст, т/га	
		2021 р.	2023 р.	2024 р.		АК	ЗК
Aggil F1	АК (абсолютний контроль)	6,26	5,30	4,21	5,26	-	-
	ЗК (зональний контроль)	7,38	6,24	4,73	6,12	-	-
	Dura SOP 80 кг/га	8,00	6,75	5,30	6,68	1,42	0,56
	Dura SOP 100	8,20	6,87	5,76	6,94	1,68	0,82

	кг/га						
	Renovation Fuerza 80 кг/га	8,51	7,23	6,15	7,30	2,04	1,18
	Renovation Fuerza 100 кг/га	8,87	7,79	6,60	7,75	2,49	1,63
Brigga F1	АК (абсолютний контроль)	5,91	4,98	3,85	4,91	-	-
	ЗК (зональний контроль)	6,86	5,44	4,73	5,68	-	-
	Dura SOP 80 кг/га	7,65	6,10	5,22	6,32	1,41	0,64
	Dura SOP 100 кг/га	7,81	6,52	5,33	6,55	1,64	0,87
	Renovation Fuerza 80 кг/га	8,37	7,64	5,81	7,27	2,36	1,59
	Renovation Fuerza 100 кг/га	8,42	8,05	5,75	7,41	2,50	1,73
НІР 0,5		1,39	0,27	0,64			
НІР (А)		0,37	0,29	0,43			
НІР (В)		0,57	0,38	0,26			

Висновки. За середніми результатами трирічних досліджень встановлено оптимальні комбінації вирощуваних гібридів та форм і доз добрив, які в умовах Східного Лісостепу України забезпечували формування найбільшої біологічної врожайності зерна. Вищу врожайність формував гібрид сорго зернового Aggil F1 за варіанта застосування Renovation Fuerza в дозі 100 кг/га – 7,75 т/га. За всіх варіантів застосування різних форм і доз добрив у цього гібрида спостерігається стала тенденція до збільшення врожайності порівняно з цим варіантом у гібрида Brigga F1. У гібрида Aggil F1 та Brigga F1 найбільша частка головних стебел формується за варіанта застосування Renovation Fuerza в дозі 100 кг/га. Особливо високий відсоток головних стебел формується за цього варіанта в обох гібридів – 95 %. За цього варіанта в найбільш сприятливий для росту і розвитку 2021 р. частка головних стебел у досліджуваних гібридів становила відповідно 88 і 91 %. *Перспективи подальших досліджень* полягають у вивченні впливу різних форм і доз добрив на врожайність зерна сорго за різних способів їх застосування, з'ясуванні дії цих факторів при поєднанні із застосуванням біостимуляторів, біоактиваторів та антистресантів.

Конфлікт інтересів

Автор стверджує про відсутність конфлікту інтересів щодо їх викладу та результатів досліджень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Макаров Л. Х. Соргові культури. Херсон: Айлант, 2006. 263 с.

2. Serme, I., Ouattara, K., Ouattara, D., Ouedraogo, S., Youl, S., Wortmann, C. (2018). Sorghum Grain Yield Under Different Rates of Mineral and Organic Fertilizer Application in the South-Sudan Zone of Burkina Faso. In: Bationo, A., Ngaradoum, D., Youl, S., Lompo, F., Fening, J. (eds). Improving the Profitability, Sustainability and Efficiency of Nutrients Through Site Specific Fertilizer Recommendations in West Africa Agro-Ecosystems. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-58792-9_14
3. Serme, I., Ouattara, K., Ouattara, D., Ouedraogo, S., Youl, S., Wortmann, C. (2018). Sorghum Grain Yield Under Different Rates of Mineral and Organic Fertilizer Application in the South-Sudan Zone of Burkina Faso. In: Bationo, A., Ngaradoum, D., Youl, S., Lompo, F., Fening, J. (eds). Improving the Profitability, Sustainability and Efficiency of Nutrients Through Site Specific Fertilizer Recommendations in West Africa Agro-Ecosystems. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-58792-9_14
4. W. Bayu, N. F. G. Rethman, P. S. Hammes & G. Alemu (2006). Effects of Farmyard Manure and Inorganic Fertilizers on Sorghum Growth, Yield, and Nitrogen Use in a Semi-Arid Area of Ethiopia. *Journal of Plant Nutrition*, 29:2, 391–407. DOI: 10.1080/01904160500320962
5. Jayaraj, D., & Subramanian, P. (2020). Effect of micronutrients on growth and yield of sorghum (*Sorghum bicolor* L.) under rainfed condition. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 9(10), 2571-2576.
6. Suresh, K., Srinivas, T. (2019). Influence of irrigation and nutrient management on yield and quality of sorghum. *International Journal of Pure and Applied Bioscience*, 7(3), 121–128.
7. Ivanina, V. V., & Pashynska, K. L. (2022). Formation of nutritional balance in grain sorghum crops under different fertilizer systems. *Bulletin of Sumy National Agrarian University. The Series: Agronomy and Biology*, 47(1), 65–70. <https://doi.org/10.32845/agrobio.2022.1.9>.
8. Білецький, М. В. Ефективність застосування різних доз добрив при вирощуванні сорго зернового в Лісостепу України. Наукові праці ННЦ "Інститут землеробства НААН". 2019. Т. 1. С. 22–28.
9. Каленська С. М., Найдено В. М. Урожайність сорго зернового залежно від ширини міжрядь та системи удобрення. Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків/ Національний університет біоресурсів та природокористування України. Київ, 2018. Вип. 26. С. 65–75. DOI: <https://doi.org/10.31548/dopovid2019.02.011>
10. Малярчук В. М., Сидоренко В. В., Малярчук А. С. Поживний режим і забур'яненість посівів сорго зернового за різних способів основного обробітку ґрунту та удобрення. Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України. 2024. Т. 34, № 48. С. 114–124. DOI:10.31548/bio2019.01.011

11. Климович П. В. Ефективність доз і строків застосування добрив під сорго зернове на чорноземі опідзоленому Правобережного Лісостепу України: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук: спец. 06.01.04 «Агрохімія»/ ННЦ «Ін-т ґрунтознавства та агрохімії ім. О. Н. Соколовського». Харків, 2007. 22 с.

12. Тітаренко О. С., Карпук Л. М. Урожайність та енергетична ефективність сорго звичайного двокольорового за різних заходів догляду за посівами.

13. Агробіологія. 2022. № 1. С. 145–151.
<https://doi.org/10.33245/2310-9270-2022-171-1-145-151>

14. Каражбей Г. М., Тегун С. В. Продуктивність сорго звичайного двокольорового (*Sorghum bicolor* L.) залежно від рівня мінерального живлення та густоти стояння. Зб. наук. пр. Ін-ту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН. 2012. № 14. С. 67–70.

15. Танчик С. П., Мокрієнко В. А., Скалій І. М. Новітні елементи в технологіях вирощування сорго. Хімія. Агрономія. Київ: ТОВ «Дельта-Агро», 2009. № 19-20 (287-288). С. 48–50.

16. Найденко В. М. Особливості формування елементів структури врожаю сорго зернового залежно від ширини міжрядь та удобрення. Plant Varieties Studying and Protection. 2019. Т. 15, № 3. С. 288–295.

17. Гончаренко В. М., Фурса Т. А. Вплив різних доз азоту на ріст та розвиток сорго зернового. Зернові культури. 2010. №5. С. 32–35.

18. Пашинська К. Л. Енергетична ефективність вирощування сорго зернового за різних систем удобрення. Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків. 2021. № 27. С. 61–66.
<https://doi.org/10.47414/np.27.2019.211139>.

19. Правдива Л. А. Агротехнологічні основи вирощування сорго звичайного двокольорового в Лісостепу України: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук: спец. 06.01.09 «Рослинництво»/ ННЦ «Ін-т біотехнологічних культур та цукрових буряків». Київ, 2023. 490 с.

20. Дослідна справа в агрономії: навч. посіб. Кн. 2. Статистична обробка результатів агрономічних досліджень/ за ред. проф. А.О. Рожкова. Харків: Майдан, 2016. 342 с.

21. Тихоненко Д. Г., Дегтярьов Ю. В. Ґрунтовий покрив дослідного поля «Роганського стаціонару» Харківського НАУ ім. В. В. Докучаєва. Вісник Харківського національного аграрного університету імені В. В. Докучаєва. Серія «Ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове господарство, екологія ґрунтів». 2016. № 2. С. 5–13.

22. Методика державного сортовипробування сільськогосподарських культур. Вип. 1. Загальна частина / за ред. В. В. Вовкодава. Київ, 2001. 100 с.

REFERENCES

1. Makarov L. Kh. Sorghum crops. Kherson: Ailant, 2006. 263 p.
2. Serme, I., Ouattara, K., Ouattara, D., Ouedraogo, S., Youl, S., Wortmann, C. (2018). Sorghum Grain Yield Under Different Rates of Mineral and Organic Fertilizer Application in the South-Sudan Zone of Burkina Faso. In: Bationo, A., Ngaradoun, D., Youl, S., Lompo, F., Fening, J. (eds) Improving the Profitability, Sustainability and Efficiency of Nutrients Through Site Specific Fertilizer Recommendations in West Africa Agro-Ecosystems. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-58792-9_14
3. Serme, I., Ouattara, K., Ouattara, D., Ouedraogo, S., Youl, S., Wortmann, C. (2018). Sorghum Grain Yield Under Different Rates of Mineral and Organic Fertilizer Application in the South-Sudan Zone of Burkina Faso. In: Bationo, A., Ngaradoun, D., Youl, S., Lompo, F., Fening, J. (eds) Improving the Profitability, Sustainability and Efficiency of Nutrients Through Site Specific Fertilizer Recommendations in West Africa Agro-Ecosystems. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-58792-9_14
4. W. Bayu, N. F. G. Rethman, P. S. Hammes & G. Alemu (2006) Effects of Farmyard Manure and Inorganic Fertilizers on Sorghum Growth, Yield, and Nitrogen Use in a Semi-Arid Area of Ethiopia, Journal of Plant Nutrition, 29:2, 391- 407, DOI: 10.1080/01904160500320962
5. Jayaraj, D., & Subramanian, P. (2020). Effect of micronutrients on growth and yield of sorghum (*Sorghum bicolor* L.) under rainfed condition. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, 9(10), 2571-2576.
6. Suresh, K., Srinivas, T. (2019). Influence of irrigation and nutrient management on yield and quality of sorghum. International Journal of Pure and Applied Bioscience, 7(3), 121-128.
7. Ivanina, V. V., & Pashynska, K. L. (2022). Formation of nutritional balance in grain sorghum crops under different fertilizer systems. Bulletin of Sumy National Agrarian University. The Series: Agronomy and Biology, 47(1), 65-70. <https://doi.org/10.32845/agrobio.2022.1.9>.
8. Biletsky, M. V. Efficiency of stagnation of different doses of dobrob growing grain sorghum in the forest-steppe of Ukraine. Naukovi pratsi NSC "Institute of Agriculture NAAN". 2019. T. 1. pp. 22-28.
9. Kalenska S. M., Naydenko V. M. Yield of grain sorghum fallow depending on the width of the inter-row and fertilization system. Scientific reports to the Institute of Bioenergetic Crops and Beetroot / National University of Bioresources and Environmental Science of Ukraine. Kiev, 2018. VIP. 26. pp. 65–75. DOI: <https://doi.org/10.31548/dopovidi2019.02.011>
10. Malyarchuk V. M., Sidorenko V. V., Malyarchuk A. S. Long-term mode and burrowing of grain sorghum crops for different methods of basic

soil treatment and fertilization. Technical and technological aspects of the development and testing of new equipment and technologies for the agricultural state of Ukraine. 2024. T. 34, No. 48, pp. 114–124. DOI:10.31548/bio2019.01.011

11. Klimovich P.V. Efficiency of doses and lines of stagnation of fertilized sorghum grain on black soil in opizolized Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine: author's abstract. dis. Ph.D. S.-G. Sciences: spec. 06.01.04 "Agrochemistry" / NSC "Institute of Soil Science and Agrochemistry. O. N. Sokolovsky." Kharkiv, 2007. 22 p.

12. Titarenko O. S., Karpuk L. M. Productivity and energy efficiency sorghum double-colored for various visits to monitor the crops. Agrobiology. 2022. No. 1. pp. 145–151. <https://doi.org/10.33245/2310-9270-2022-171-1-145-151>

13. Karazhbey G.M. Productivity of sorghum bicolor (*Sorghum bicolor* L.) long-standing due to the level of mineral life and density parking / G.M. Karazhbey, S.V. Tegin // Zb. Sci. Ave. Institute of Bioenergetics cultures and beetroots NAAN - 2012. - No. 14. - P. 67-70.

14. Tanchik S.P., Mokrienko V.A., Skaliy I.M. New elements in technologies for growing sorghum / S. P. Tanchik / Chemistry. Agronomy. Kiev: TOV"Delta-Agro". 2009. 19-20 (287-288). pp. 48-50.

15. Naydenko V. M. Features of the formation of structural elements of sorghum grain fallow crop depending on the inter-row width and fertilization. Plant Varieties Studying and Protection. 2019. Vol. 15, No. 3. pp. 288–295.

16. Goncharenko V.M., Fursa T.A. (2010). Injection of varying doses of nitrogen into growth and a branch of grain sorghum. Grain crops. No. 5. pp. 32-35.

17. Pashinska K.L. The energy efficiency of the growth of grain sorghum for various fertilization systems. Sciences of the Institute of Bioenergetic Crops and Beetroots, 2021. (27), 61–66. <https://doi.org/10.47414/np.27.2019.211139>.

18. Pravdiva L.A. Agrotechnological basis for the growth of sorghum primary in the forest-steppe of Ukraine: author's abstract. dis. Ph.D. S.-G. Sciences: spec. 06.01.09 "Roslinnitstvo" / NSC "Institute of Biotechnological Crops and Beetroot". Kiev, 2023. 490 p.

19. Last on the right in agronomy: navch. pos_b. Book 2. Statistical processing of the results of agronomic research / ed. prof. A.O. Rozhkova. Kharkiv: Maidan, 2016. 342 p.

20. Tikhonenko D.G., Degtyaryov Yu.V. Soil cover of the pre-trace field of the "Rogansky station" of the Kharkiv NAU. V. V. Dokuchaev // Newsletter of the Kharkiv National Agrarian University named after V. V. Dokuchaev. Series "Ground science, agrochemistry, agriculture, forest rule, soil ecology." 2016. No. 2. P. 5–13.

21. Methodology of sovereign varieties and testing of agricultural crops. VIP. 1. Zagalna partina / ed. V.V. Vovkodava. Kiev, 2001. 100 p.

V.V. Mohylevska, doctor of philosophy

L. A. Sviridova, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Plant Growing
State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine

Biological yield of grain of grain sorghum hybrids depending on forms and doses of fertilizers

Sorghum *Sorghum bicolor* (L.) Moench is used as a grain, fodder, technical and food crop. The aim of our research was to determine the effect of different forms and doses of fertilizers on the yield of new hybrids of grain sorghum in the conditions of the Eastern Forest-Steppe of Ukraine. A two-factor field experiment was established using the split-plot method in three replications on the experimental field of the State Biotechnological University, which is located in the Eastern Forest-Steppe of Ukraine. For the completeness of the research and the evaluation of the obtained results, generalizing, field and statistical methods were used. The study of the effect of different systems of application of organic and mineral fertilizers in different parts of the world indicates that their use in agroecosystems, South Sudan, India, Ethiopia, African countries and other countries contributes to an increase in the yield of sorghum grain, improvement of the quality of the grown crop, increase in the profitability of grain and various types of feed from sorghum crops. Domestic researchers offer various fertilization systems for the formation of stable grain yields and improving its quality in the soil and climatic zones of Ukraine. According to the average three-year (2021, 2023–2024) research results, it was established that in the conditions of the Eastern Forest-Steppe of Ukraine it is advisable to grow the medium-early hybrid Aggyl and the early-ripening hybrid Brigga of French selection, which in this research area have a vegetation period of 124 and 119 days, respectively. With the option of applying Renovation Fuerza at a dose of 100 kg/ha, a yield of 7.75 and 7.41 t/ha of grain was obtained, respectively. Both hybrids with this option of fertilizer application under different weather conditions form a consistently high yield. The increase in grain yield of the Aggyl hybrid compared to the absolute and zonal controls was 2.04 and 2.49 t/ha and 1.18 and 1.63 t/ha, respectively, or 26.9 and 31.9 and 9.2 and 13.4 %. The superiority of the medium-early grain sorghum hybrid Aggyl over the early-ripening Brigga hybrid has been mathematically proven in all years of research. In the conditions of the Eastern Forest-Steppe of Ukraine, sowing of these hybrids and application of Renovation Fuerza fertilizer at a dose of 100 kg/ha should be combined. The share of different stem systems of grain sorghum hybrids in the total biological grain yield varies depending on the application of different forms and doses of fertilizers. Weather conditions of the growing season have a significant impact. The maximum percentage of main stems was formed in the Aggyl and Brigga hybrids under the option of applying Renovation Fuerza at a dose of 100 kg/ha.

Keywords: grain sorghum, *Sorghum bicolor* (L.) Moench, hybrids, forms and doses of fertilizers, yield, proportion of main and lateral stems.

УДК 631.811.98:633.11.(477.7)
DOI 10.5281/zenodo.18537584

С.О. Іванов, аспірант кафедри рослинництва
А.О. Рожков, д-р с.-г. наук, професор
Державний біотехнологічний університет, Харків, Україна

ПРОДУКТИВНІСТЬ РОСЛИН І БІОЛОГІЧНА ВРОЖАЙНІСТЬ ЗЕРНА ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ ЗА ВПЛИВУ МОРФОРЕГУЛЯТОРІВ НА РІЗНИХ ФОНАХ МІНЕРАЛЬНОГО ЖИВЛЕННЯ

Висвітлено результати дворічних досліджень щодо впливу морфорегуляторів у сполученні з різними фонами мінерального живлення на формування продуктивності рослин та біологічну врожайність зерна пшениці озимої.

Встановлено можливість формування вищих елементів продуктивності рослин, а також істотного підвищення біологічної врожайності зерна пшениці озимої за рахунок застосування морфорегуляторів на різних фонах живлення.

Найбільша кількість рослин і бічних продуктивних стебел пшениці озимої – 329 шт. і 276 шт. відповідно, була відмічена в 2025 р. у варіанті обробки посівів морфорегулятором Медакс ТОП на фоні внесення найбільшої дози азоту (N_{65}) під час 22-23-ї мікрофази за класифікацією ВВСН. Фактично такі самі показники – 327 рослин і 278 бічних продуктивних стебел відмічені у варіанті внесення цього морфорегулятора на фоні меншої дози азоту – N_{50} .

Найбільших змін кількість рослин пшениці перед збиранням зазнавала за впливу досліджуваних варіантів системи живлення, тоді як кількість бічних продуктивних стебел – за впливу погодних умов. Так, діапазон розбіжності кількості рослин за впливу морфорегуляторів і погодних умов становив – 2,8 % і 4,1 % відповідно, тоді як за впливу системи живлення – 7,1 %. Діапазон розбіжності кількості бічних продуктивних стебел за впливу морфорегуляторів і фону живлення становив 5,9 і 11,4 %, тоді як за впливу погодних умов – 34,2 %.

Найбільша кількість і маса зерна з колоса головної та бічної системи стебел формувалася на варіантах обробки посівів морфорегулятором Медакс ТОП на фоні підживлення посівів азотом під час 22-23-ї мікрофази за в дозі N_{50} . Збільшення дози азоту до N_{65} не забезпечило істотного підвищення цих показників.

Найбільших змін за впливу досліджуваних технологічних факторів зазнавала біологічна врожайність зерна оскільки кращі їх варіанти забезпечували як формування вищих елементів продуктивності, так і більшу густоту продуктивного стеблостою перед збиранням врожаю.

Серед досліджуваних морфорегуляторів, як з точки зору впливу на елементи продуктивності рослин, так і з точки зору впливу на біологічну врожайність зерна головної і бічної системи стебел пшениці озимої, кращим був двохкомпонентний продукт Медакс ТОП. Посіви оброблені цим препаратом формували істотно вищу біологічну врожайність зерна обох систем стебел в погодних умовах обох років на всіх досліджуваних фонах мінерального живлення.

Найвища загальна біологічна врожайність зерна пшениці озимої була у варіанті обробки посівів під час 31-ї мікрофази за класифікацією ВВСН морфорегулятором Медакс ТОП на фоні найбільшої дози внесення азоту (N_{65}) під час 22-23-ї мікрофази – 5,06 т/га у 2024 р., і 6,87 т/га – у 2025 р. Разом з тим, фактично такі ж показники отримано за внесення N_{50} – 5,01 і 6,78 т/га відповідно. Тож, враховуючи відсутність істотної різниці за біологічною врожайністю зерна між цими варіантами, підвищувати дозу азоту від 50 до 65 кг/га не доцільного.

Істотної різниці за показниками загальної біологічної врожайності зерна між варіантами обробки посівів морфорегулятором Медакс ТОП і сумішшю продуктів Моддус Стар і Ретацел 720 не встановлено проте, перевагу слід віддавати внесенню морфорегулятора Медакс ТОП оскільки по-перше – біологічна врожайність за його застосування була хоч і неістотно, але вищою, по-друге – спрощується технологічний процес обприскування оскільки вноситься лише один продукт, по-третє – у морфорегулятора Медакс ТОП ширший температурний діапазон ефективної роботи.

Ключові слова: пшениця озима, добрива, морфорегулятор, система живлення, елементи продуктивності, густина рослин, біологічна врожайність

Постановка проблеми. Пшениця озима є найпоширенішою зерновою культурою як в Україні, так і у світі. У структурі посівних площ зернових культур у нашій країні її частка складає біля 45 % [1].

Останніми роками в Україні відмічається поступове підвищення врожайності зерна пшениці озимої проте, все одно біологічний потенціал зернової продуктивності цієї культури розкривається далеко не повністю. Достатньо порівняти середні врожаї зерна пшениці озимої як отримують в Україні з показниками провідних аграрних країн ЄС.

Поряд з вирощуванням сучасних високопродуктивних сортів, важливим джерелом підвищення реалізації біологічного потенціалу продуктивності посівів пшениці озимої є удосконалення системи живлення, а також поширення використання продуктів, що забезпечують регуляцію ростових процесів спрямовану на формування вищої продуктивності рослин, врожайності та якості зерна [2].

Виробники морфорегуляторів відмічають їх корисні властивості, які забезпечують покращення росту та розвитку рослин, підвищують здатність рослин поглинати і переміщувати поживні речовини, посилюють механічну стійкість рослин, уповільнюють ріст стебел завдяки чому ефективно вирішується проблема переростання рослин при внесенні підвищених доз азотних добрив [1].

Разом з тим, ефективність та практичне застосування сполучень різних агрохімікатів, зокрема різних форм мінеральних добрив і морфорегуляторів, і досі залишаються недостатньо вивченими. До того

ж, на ринку систематично з'являються нові види та формуляції добрив і морфорегуляторів, у виробництво впроваджуються нові сорти пшениці озимої, які відрізняються за морфо-біотипом, а отже, – можуть по-різному реагувати на елементи технології вирощування, зокрема систему живлення та регуляцію росту рослин. Крім того, змінюються погодні умови вирощування, зокрема відмічається поступове підвищення температурних показників і зниження кількості опадів. Всі ці фактори вказують на доцільність проведення досліджень з метою більш ефективного використання мінеральних добрив і морфорегуляторів у різних регіонах вирощування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сільське господарство було і залишається головним рушієм економічного розвитку України та важливим джерелом надходжень іноземної валюти [3]. Однією з найбільш важливих продовольчих і експортних культур України є пшениця озима [4]. Вона цінується завдяки високим поживним і смаковим характеристикам, а також за вищу врожайність зерна порівняно з іншими зерновими колосовими культурами [5]. Пшеницю озиму вирощують в усіх регіонах України при цьому, найпоширенішою вона є в лісостеповій зоні, яка характеризується більш сприятливими для неї ґрунтовими та погодними умовами [6].

Отримання високих і сталих урожаїв зерна пшениці озимої можливе лише за умови збалансованої системи живлення, захисту, стимуляції і регуляції росту рослин, які дозволяють більш ефективно розкривати біологічний потенціал продуктивності рослин, захищати їх від негативного впливу абіотичних і біотичних факторів [7–10].

Як відмічає D. Nsengiyumva й ін. [11], висока ефективність сучасних морфорегуляторів обумовлена високою ефективністю їх активної основи, завдяки чому пришвидшується наростання зеленої маси та кореневої системи. Науковці Z. Garban [12] та V. Kryzhanovskiy [13] додають, що активізація росту коренів забезпечує більш ефективне використання елементів мінерального живлення, а отже, – сприяє більш повній реалізації біологічного потенціалу продуктивності посівів. Дослідник R. Babu й ін. [14] підкреслюють, що крім власне підвищення врожайності зерна, морфорегулятори скорочують час дозрівання, зменшують вміст нітратів і важких металів у рослинах, знижують втрати під час збирання, транспортування та зберігання врожаю.

У сучасних технологіях вирощування колосових культур важливою складовою є протидія виляганню посівів, яка призводить як до значного зниження врожайності, так і погіршення якості зерна [15]. Інтенсифікація технології вирощування передбачає застосування підвищених доз азотних добрив, що забезпечує більш повне розкриття потенціалу продуктивності високопродуктивних сортів [16] проте, –

приводить до витягування стебел у результаті чого їх механічна міцність слабшає і зростає загроза вилягання посівів [17].

У результаті вилягання знижується фотосинтетична активність, створюється сприятливе середовище для розвитку хвороб [18, 19]. В окремих випадках втрати врожаю від вилягання сягають до 80 % [20].

Найбільш дієвим рішенням проблеми вилягання колосових культур є застосування морфорегуляторів, однією з функцій яких є гальмування росту стебел рослин у результаті інгібування синтезу ауксинів, гіберелінів або активації синтезу етилену [21].

У результаті вкорочення висоти рослин морфорегулятори оптимізують архітектуру рослин через що посіви більш повноцінно використовують екологічні ресурси [22]. Ця особливість прояву активності морфорегуляторів може посилюватися за одночасного їх застосування з позакореневим внесенням добрив [15].

Активною основою більшості сучасних морфорегуляторів ретардантної дії є онієві сполуки (хлормекватхлорид, мепікватхлорид та ін.) та похідні ацилциклогексадіонів (тринексапак-етил, дамінозид, прогексадіон-Са), які уповільнюють синтез гіберелінів. Сполуки четвертинного амонію – хлормекватхлорид і мепікватхлорид є інгібіторами ранніх стадій біосинтезу гіберелінів, тоді як тринексапак-етил і прогексадіон-Са блокують пізніші його стадії [15]. Найширше вікно для застосування мають морфорегулятори на основі ацилциклогексадіонів – від початку кущіння до початку генеративного періоду, в тому числі в умовах дефіциту вологи.

Незважаючи на великі перспективи застосування морфорегуляторів у технологіях вирощування колосових культур, досліджень у цьому напрямі проведено недостатньо. Зокрема, відсутні дані щодо порівняння ефективності морфорегуляторів з різною активною основою на різних фонах мінерального живлення при вирощуванні пшениці озимої в мінливих погодних умовах східного Лісостепу України.

Необхідність встановлення оптимальних параметрів застосування морфорегуляторів також зумовлена особливостями морфо-біотипу вирощуваних сортів пшениці озимої, які можуть по-різному на них реагувати. Саме тому, доцільною є розробка рекомендацій щодо застосування морфорегуляторів для конкретних груп сортів з близьким морфо-біотипом. Крім того доведено, що ефективність їх застосування відмічається навіть на стійких до вилягання – низькорослих сортах пшениці озимої, що обумовлено позитивним впливом цих препаратів на підвищення кількості продуктивних колосків у колосі, озерненості колосків і кількості продуктивних стебел [2].

Виходячи з цього, *метою роботи* було визначення та порівняння ефективності сучасних морфорегуляторів з різною основою у сполученні з різними фонами мінерального живлення на формування

елементів продуктивності рослин і біологічну врожайність зерна пшениці озимої в умовах східного Лісостепу України.

Матеріали та методи досліджень. Дослідження проводили в 2024 і 2025 рр. на базі зерно-просапної сівозміни кафедри рослинництва Державного біотехнологічного університету. Ефективність застосування морфорегуляторів у сполученні з різними фонами мінерального живлення вивчали на поширеному у виробництві, середньостиглому сорті пшениці м'якої озимої інтенсивного типу – Богдана.

Технологія вирощування пшениці озимої за виключенням поставлених на вивчення питань, була загальноприйнятою для району досліджень. Сівбу проводили за температури ґрунту на глибині залягання насіння (4–6 см) – 12–14 °С. Норму висіву насіння була рекомендованою для цього сорту – 5,0 млн. шт./га. Сівбу проводили рядковим способом з міжряддями 15 см. Перед сівбою насіння обробляли фунгіцидним протруювачем Антал у нормі – 0,3 л/т. Одночасно з сівбою вносили комплексне добриво МАКРОСТАР- $N_9P_{20}K_{12}$ у дозі 150 кг/га, що еквівалентно внесенню – $N_{15}P_{30}K_{20}$.

Весною, після настання фізичної стиглості ґрунту під час 22-23-ї мікрофази за шкалою ВВСН, відповідно до програми досліджень, вносили карбамід з розрахунку – N_{35} , N_{50} і N_{65} . Наприкінці фази кушіння, для знищення дводольних однорічних бур'янів посіви обприскували гербіцидом Дербі в рекомендованій дозі – 60 г/га.

Проти листових хвороб і шкідників у фазі прапорцевого листка (37-ма мікрофаза за класифікацією ВВСН) посіви обприскували баковим розчином фунгіциду Фенікс Дуо (0,5 л/га) та інсектициду Юні-КС (1,0 л/га). На всіх варіантах досліду, крім контролю, до робочого розчину засобів захисту рослин додавали карбамід у дозі 22 кг/га (N_{10}). На початку фази цвітіння проти хвороб колосу посіви обприскували трикомпонентним фунгіцидом Солігор у дозі 1,0 л/га.

Двохфакторний дослід закладали методом розщеплених ділянок у трьох повтореннях одним ярусом. Ділянками першого порядку були чотири фони мінерального живлення: 1 – контроль; 2 – припосівне внесення $N_{15}P_{30}K_{20}$ (150 кг/га комплексного добрива МАКРОСТАР- $N_9P_{20}K_{12}$) + підживлення після настання фізичної стиглості ґрунту (22-23-тя мікрофаза) карбамідом у розрахунку N_{35} + позакореневе підживлення карбамідом у дозі 22 кг/га (N_{10}) під час 37-ї мікрофази; 3 і 4 – те саме, що і другий варіант, але доза внесення карбаміду під час 22-23-ї мікрофази збільшена до 108 і 141 кг/га (N_{50} і N_{65}) відповідно. Ділянками другого порядку виступали п'ять варіантів обробки посівів морфорегуляторами ретардантної дії під час 31-ї мікрофази за класифікацією ВВСН: I – контроль (без внесення морфорегуляторів); II – Моддус Стар (0,3 л/га); III – Ретацел 720 (1,5 л/га); IV – Медакс ТОП

(0,7 л/га); V – суміш Моддус Стар (0,2 л/га) + Ретацел 720 (1,0 л/га). Площа посівної ділянки досліду становила 37,5 м², облікової – 30 м².

За температурним режимом, кількістю опадів і їх розподілом погодні умови під час вегетації посівів пшениці озимої сильно розрізнялися, що звісно відобразилося на рості, розвитку, формуванні елементів продуктивності рослин та біологічній врожайності зерна.

За температурними показниками, кількістю опадів і їх розподілом погодні умови 2024–2025 рр., були близькими до показників кліматичної норми. Весняно-літній період вирощування пшениці озимої у 2024 р. відбувався у вкрай важких погодних умовах. Зокрема, з кінця квітня до збирання врожаю не було жодного дощу. Негативна дія посухи посилювалася високими температурами в другій половині червня і першій половині липня. У денні години вона нерідко сягала 35,0 °С, що негативно відображалося на рості та розвитку рослин. Разом з тим, значні відмінності між погодними умовами в роки досліджень, дозволили більш повноцінно порівняти між собою вплив досліджуваних морфорегуляторів на різних фонах живлення та оцінити їх ефективність у роки з різними погодними умовами.

Закладання досліду, спостереження, обліки та вимірювання проводили за загальноприйнятими методиками [23]. Дисперсійний аналіз здійснювали в програмному пакеті Microsoft Excel на базі загальноприйнятих методик [24].

Результати досліджень та їх обговорення. Оскільки одним з напрямів дії морфорегуляторів, за умови внесення їх під час фази кушіння або на початку фази виходу в трубку є збільшення густоти продуктивного стеблостою, програма досліджень передбачала визначення кількості рослин та бічних продуктивних пагонів пшениці озимої перед збиранням врожаю.

Істотного впливу досліджуваних варіантів застосування морфорегуляторів на кількість рослин перед збиранням не встановлено, однак мала місце позитивна тенденція отримання більшої кількості рослин на варіантах де проводили обробку посівів морфорегуляторами.

В погодних умовах обох років, найбільша кількість рослин була у варіантах де посіви обробляли стимулятором росту Медакс ТОП. У середньому за фонами живлення, кількість рослин пшениці озимої у цьому варіанті в 2024 і 2025 рр. склала 334 і 332 шт./м², що на 10 шт./м² і 9 шт./м² або на 3,0 % і 2,9 % відповідно більше порівняно з контролем (табл. 1). При цьому, між варіантами застосування різних морфорегуляторів різниці за кількістю рослин перед збиранням фактично не було.

На відміну від густоти рослин, кількість бічних продуктивних стебел зазнавала істотних змін за впливу морфорегуляторів росту. Найбільше бічних продуктивних стебел формувалося у варіанті обробки посівів морфорегулятором Медакс ТОП – 199 шт. у 2024 р. і 267 шт. – у

2025 р., що на 12 і 15 шт. (6,4 і 6,0 %) відповідно більше, ніж на контрольному варіанті, за НІР₀₅ – 8 і 11 шт.

Істотно більшу кількість бічних продуктивних стебел порівняно з контролем також відмічено у варіанті обробки посівів сполучення морфорегуляторів Моддус Стар і Ретацел 720. Решта варіантів за цим показником не мали переваги порівняно з контролем.

Вплив морфорегуляторів на кількість бічних продуктивних стебел пшениці озимої фактично не залежав від фону живлення. Так, у середньому за два роки досліджень, кількість бічних продуктивних стебел пшениці озимої на фоні без добрив, як і на інших фонах, у варіанті обробки посівів морфорегулятором Медакс ТОП була на 13 шт. більше, ніж на контролі (без внесення морфорегулятора).

1. Кількість рослин (чисельник) і бічних продуктивних стебел (знаменник) пшениці озимої за впливу морфорегуляторів у сполученні з різними варіантами системи живлення, шт./м²

Морфо-регулятор (фактор <i>B</i>)	Варіант системи живлення (фактор <i>A</i>)				Середнє
	контроль	доза внесення азоту під час 22-23-ї мікрофази за кодом ВВСН			
		N ₃₅	N ₅₀	N ₆₅	
2024 рік					
I*	311/173	327/189	329/193	328/193	324/187
II	321/181	328/191	336/199	336/198	330/192
III	314/176	332/194	332/196	336/200	329/192
IV	320/184	338/201	339/205	338/205	334/199
V	322/183	331/196	333/200	341/207	332/197
Середнє	318/179	331/194	334/199	336/201	330/193
НІР ₀₅ головного ефекту <i>A</i> – 12/7; НІР ₀₅ головного ефекту <i>B</i> – $F_f < F_t/8$; НІР ₀₅ часткових порівнянь <i>A</i> – 13/7; НІР ₀₅ часткових порівнянь <i>B</i> – $F_f < F_t/9$.					
2025 рік					
I	297/235	318/256	316/256	321/262	313/252
II	297/237	320/260	324/265	322/263	316/256
III	298/244	319/261	321/261	327/268	316/259
IV	305/249	326/269	327/273	329/276	322/267
V	303/245	322/264	325/269	328/272	320/263
Середнє	300/242	321/262	323/265	325/268	317/259
НІР ₀₅ головного ефекту <i>A</i> – 12/9; НІР ₀₅ головного ефекту <i>B</i> – $F_f < F_t/11$; НІР ₀₅ часткових порівнянь <i>A</i> – 12/11; НІР ₀₅ часткових порівнянь <i>B</i> – $F_f < F_t/13$.					
Середнє за роками					
I	304/204	323/223	323/225	325/228	319/220
II	309/209	324/226	330/232	329/231	323/225
III	306/210	326/228	327/229	332/234	323/225
IV	313/217	332/235	333/239	334/241	328/233

V	313/214	327/230	329/235	335/240	326/230
Середнє	309/211	326/228	329/232	331/235	324/226

Примітка: * – варіанти фактора В: I – контроль; II – Моддус Стар; III – Ретацел 720; IV – Медакс ТОП; V – Моддус Стар + Ретацел 720.

У цілому по досліді, найбільша кількість рослин і бічних продуктивних стебел пшениці озимої – 329 і 276 шт. відповідно, була відмічена в 2025 р. на варіанті застосування морфорегулятора Медакс ТОП на фоні внесення N_{65} під час 22-23-ї мікрофази за кодом ВВСН. Фактично такі ж показники – 327 рослин і 278 бічних продуктивних стебел відповідно, відмічені у варіанті внесення морфорегулятора Медакс ТОП на фоні меншої дози азоту – N_{50} .

Найбільших змін кількість рослин на час збирання зазнавала за впливу досліджуваних варіантів системи живлення, тоді як кількість бічних продуктивних стебел – за впливу погодних умов року. Зокрема, діапазон розбіжності кількості рослин пшениці озимої за впливу морфорегуляторів і погодних умов становив – 2,8 і 4,1 % відповідно, тоді як за впливу досліджуваних варіантів системи живлення – 7,1 %. Діапазон розбіжності показників кількості бічних продуктивних стебел за впливу морфорегуляторів і фону живлення становив 5,9 і 11,4 %, тоді як за впливу погодних умов року – 34,2 %.

Впливу досліджуваних варіантів застосування морфорегуляторів на кількість колосків у колосі не було, що пов'язано з фазою внесення препаратів. Цей елемент продуктивності закладається до початку фази виходу в трубку тож, обробка посівів морфорегуляторами під час 31-ї мікрофази за класифікацією ВВСН не може вплинути на кількість колосків у колосі, оскільки вона закладається ще в середину фази кушіння. При цьому ряд авторів стверджують про позитивний вплив морфорегуляторів на закладання більшої кількості колосків у колосі за умови їх внесення на початку фази виходу в трубку [2, 21].

Покращення живлення рослин забезпечувало закладання істотно більшої кількості колосків у колосі обох систем стебел пшениці озимої. Це закономірно, адже по-перше, – внесені восени комплексні добрива стимулювали формування більш потужної кореневої системи, що створює кращу основу для росту та розвитку рослин, по-друге – азот вносили саме під час закладання диференціації колосків у колосі, що забезпечує закладання більшої їх кількості.

У середньому за два роки найбільша кількість колосків у колосі головної і бічної системи стебел формувалася у варіанті з найбільшою дозою внесення азоту під час фази кушіння (четвертий варіант) – 13,4 і 12,0 шт. відповідно, що на 0,7 шт. більше ніж на контролі (табл. 2). Разом з тим, істотної різниці порівняно з варіантами внесення меншої дози азоту (другий і третій варіанти) не встановлено. Розбіжність за кількістю

продуктивних колосків у колосі головної та бічної системи стебел пшениці озимої між досліджуваними варіантами системи живлення не перевищувала 1,5 %, що значне менше за HP_{05} .

Кількість зерен у колосі також не зазнавала істотних змін за впливу обробки посівів досліджуваними морфорегуляторами. При цьому була відмічена позитивна тенденція формування більшої кількості зерен у колосі обох систем стебел на варіантах проведення обприскування посівів пшениці морфорегулятором Медакс ТОП. До того ж, у 2025 р. у цьому варіанті кількість зерен у колосі бічної системи стебел була істотно більшою порівняно з контролем. Зокрема, приріст показника у середньому за фонами мінерального живлення становив 0,8 зернини за HP_{05} – 0,7 зернини.

2. Кількість колосків у колосі головного (чисельник) та бічного (знаменник) стебел пшениці озимої за впливу морфорегуляторів у сполученні з різними варіантами системи живлення, шт.

Морфо-регулятор (фактор <i>B</i>)	Варіант системи живлення (фактор <i>A</i>)				Середнє
	контроль	доза внесення азоту під час 22-23-ї мікрофази за кодом ВВСН			
		N ₃₅	N ₅₀	N ₆₅	
2024 рік					
I*	12,4/10,8	12,7/11,1	12,7/11,2	12,8/11,2	12,7/11,1
II	12,3/10,8	12,7/11,1	12,7/11,3	12,8/11,2	12,6/11,1
III	12,4/10,9	12,7/11,1	12,7/11,3	12,8/11,2	12,7/11,1
IV	12,4/10,9	12,8/11,2	12,8/11,2	12,8/11,3	12,7/11,2
V	12,3/10,9	12,7/11,2	12,8/11,3	12,8/11,3	12,7/11,2
Середнє	12,4/10,9	12,7/11,1	12,7/11,3	12,8/11,2	12,7/11,1
НІР ₀₅ головного ефекту <i>A</i> – 0,4/0,3; НІР ₀₅ головного ефекту <i>B</i> – $F_f < F_t$; НІР ₀₅ часткових порівнянь <i>A</i> – 0,4/0,4; НІР ₀₅ часткових порівнянь <i>B</i> – $F_f < F_t$.					
2025 рік					
I	12,9/11,7	13,7/12,6	13,8/12,7	13,8/12,8	13,6/12,5
II	13,0/11,7	13,6/12,7	13,8/12,7	13,8/12,8	13,6/12,5
III	13,0/11,6	13,7/12,6	13,7/12,7	13,9/12,7	13,6/12,4
IV	13,0/11,7	13,7/12,7	13,9/12,8	13,9/12,9	13,6/12,5
V	12,9/11,7	13,7/12,6	13,8/12,7	13,9/12,8	13,6/12,5
Середнє	13,0/11,7	13,7/12,6	13,8/12,7	13,9/12,8	13,6/12,5
НІР ₀₅ головного ефекту <i>A</i> – 0,4/0,5; НІР ₀₅ головного ефекту <i>B</i> – $F_f < F_t$; НІР ₀₅ часткових порівнянь <i>A</i> – 0,5/0,5; НІР ₀₅ часткових порівнянь <i>B</i> – $F_f < F_t$.					
Середнє за роками					
I	12,7/11,3	13,2/11,9	13,3/12,0	13,3/12,0	13,2/11,8
II	12,7/11,3	13,2/11,9	13,3/12,0	13,3/12,0	13,2/11,8
III	12,7/11,3	13,2/11,9	13,2/12,0	13,4/12,0	13,1/11,8

IV	12,7/11,3	13,3/12,0	13,4/12,0	13,4/12,1	13,2/11,9
V	12,6/11,3	13,2/11,9	13,3/12,0	13,4/12,1	13,1/11,8
Середнє	12,7/11,3	13,2/11,9	13,3/12,0	13,4/12,0	13,2/11,8

Примітка: * – варіанти фактора В: I – контроль; II – Моддус Стар; III – Ретацел 720; IV – Медакс ТОП; V – Моддус Стар + Ретацел 720.

Значно більших змін кількість зерен у колосі обох систем стебел зазнавала за впливу досліджуваних варіантів системи живлення. У середньому за два роки досліджень кількість зерен у колосі головної і бічної системи стебел у середньому за варіантами застосування морфорегуляторів на фоні внесення N_{65} становила 32,4 і 28,2 шт., тоді як на контролі – лише 28,9 і 25,6 шт. відповідно (табл. 3). При цьому різниці за кількістю зерен з колоса обох систем стебел між варіантами з меншою дозою внесення азоту (N_{50}) фактично не було. Таким чином, з точки зору формування кількості зерен у колосі обох систем стебел пшениці озимої сорту Богдана, підвищувати дозу внесення азоту під час 22-23-ї мікрофази від N_{50} до N_{65} не доцільно.

3. Кількість зерен у колосі головного (чисельник) та бічного (знаменник) стебел пшениці озимої за впливу морфорегуляторів у сполученні з різними варіантами системи живлення, шт.

Морфо-регулятор (фактор <i>B</i>)	Варіант системи живлення (фактор <i>A</i>)				Середнє
	контроль	доза внесення азоту під час 22-23-ї мікрофази за кодом ВВСН			
		N ₃₅	N ₅₀	N ₆₅	
2024 рік					
I*	27,4/24,1	29,7/25,6	30,2/25,8	30,3/25,7	29,4/25,3
II	27,8/24,7	30,1/26,0	30,3/26,3	30,4/26,3	29,6/25,8
III	27,5/24,6	30,2/26,0	30,5/26,2	30,4/26,1	29,6/25,7
IV	27,9/24,6	30,4/26,3	30,6/26,4	30,7/26,2	29,9/25,9
V	27,6/24,4	30,2/26,1	30,5/26,5	30,5/26,4	29,7/25,8
Середнє	27,6/24,5	30,1/26,0	30,4/26,2	30,5/26,1	29,6/25,7
НІР ₀₅ головного ефекту <i>A</i> – 0,7/0,6; НІР ₀₅ головного ефекту <i>B</i> – $F_f < F_t$; НІР ₀₅ часткових порівнянь <i>A</i> – 0,8/0,7; НІР ₀₅ часткових порівнянь <i>B</i> – $F_f < F_t$.					
2025 рік					
I	29,9/26,2	33,6/28,9	33,9/29,5	34,0/29,6	32,8/28,5
II	30,1/26,6	33,7/29,4	34,1/29,9	34,2/30,1	33,0/29,0
III	30,0/26,5	33,8/29,1	34,1/30,2	34,2/30,0	33,0/28,9
IV	30,2/26,8	33,9/29,6	34,2/30,4	34,4/30,3	33,2/29,3
V	30,1/26,7	33,8/29,4	34,1/30,1	34,2/30,2	33,1/29,1
Середнє	30,1/26,6	33,8/29,3	34,1/30,0	34,2/30,0	33,0/29,0
НІР ₀₅ головного ефекту <i>A</i> – 0,9/0,6; НІР ₀₅ головного ефекту <i>B</i> – $F_f < F_t/0,7$;					

НІР ₀₅ часткових порівнянь $A - 1,0/0,7$; НІР ₀₅ часткових порівнянь $B - F_f < F_t/0,7$.					
Середнє за роками					
I	28,7/25,2	31,7/27,3	32,1/27,7	32,2/27,7	31,2/26,9
II	29,0/25,7	31,9/27,7	32,2/28,1	32,3/28,2	31,4/27,4
III	28,8/25,6	32,0/27,6	32,3/28,2	32,3/28,1	31,4/27,4
IV	29,1/25,7	32,2/26,5	32,4/28,4	32,6/28,3	31,6/27,0
V	28,9/25,6	32,0/27,8	32,3/28,3	32,4/28,3	31,4/27,5
Середнє	28,9/25,6	32,0/27,4	32,3/28,1	32,4/28,2	31,4/27,2

Примітка: * – варіанти фактора B : I – контроль; II – Моддус Стар; III – Ретацел 720; IV – Медакс ТОП; V – Моддус + Ретацел.

Ключовим елементом продуктивності рослин є маса зерна з колоса, яка визначається кількістю зерен у колосі і їхньою масою 1000. Впливу морфорегуляторів на масу 1000 зерен не було, що логічно оскільки цей елемент зумовлений генетично і значних змін зазнає хіба що за впливу погодних умов та системи живлення посівів. Саме тому, вплив морфорегуляторів на масу зерен з колоса головної та бічної системи стебел був аналогічний впливу на кількість зерен у них.

Як і кількість зерен у колосі, маса зерен з колоса обох систем стебел не зазнавала істотного впливу морфорегуляторів, водночас мала місце позитивна тенденція до формування більшої маси зерен з колоса обох систем стебел рослин пшениці (табл. 4).

4. Маса зерен з колоса головного (чисельник) та бічного (знаменник) стебел пшениці озимої за впливу морфорегуляторів у сполученні з різними варіантами системи живлення, г

Морфо-регулятор (фактор B)	Варіант системи живлення (фактор A)				Середнє
	контроль	доза внесення азоту під час 22-23-ї мікрофази за кодом ВВСН			
		N ₃₅	N ₅₀	N ₆₅	
2024 рік					
I*	0,88/0,68	0,98/0,75	0,99/0,76	0,98/0,77	0,96/0,74
II	0,90/0,71	1,00/0,77	0,98/0,79	1,01/0,78	0,97/0,76
III	0,91/0,70	0,99/0,78	1,01/0,78	0,99/0,78	0,98/0,76
IV	0,92/0,69	1,01/0,78	1,00/0,79	1,02/0,79	0,99/0,76
V	0,90/0,70	0,99/0,78	1,00/0,79	1,00/0,79	0,97/0,77
Середнє	0,90/0,70	0,99/0,77	1,00/0,78	1,00/0,78	0,97/0,76
НІР ₀₅ головного ефекту $A - 0,03/0,03$; НІР ₀₅ головного ефекту $B - F_f < F_i$; НІР ₀₅ часткових порівнянь $A - 0,03/0,04$; НІР ₀₅ часткових порівнянь $B - F_f < F_i$.					
2025 рік					
I	1,06/0,86	1,21/0,95	1,22/0,96	1,23/0,97	1,18/0,94
II	1,07/0,87	1,23/0,97	1,24/0,98	1,25/0,99	1,20/0,95
III	1,07/0,88	1,22/0,96	1,24/1,00	1,24/0,99	1,19/0,96
IV	1,08/0,89	1,23/0,98	1,24/1,00	1,25/1,00	1,20/0,97
V	1,08/0,88	1,23/0,96	1,24/1,00	1,24/0,99	1,20/0,96

Середнє	1,07/0,88	1,22/0,96	1,24/0,99	1,24/0,99	1,19/0,96
НІР ₀₅ головного ефекту $A - 0,03/0,03$; НІР ₀₅ головного ефекту $B - F_f < F_t$; НІР ₀₅ часткових порівнянь $A - 0,05/0,04$; НІР ₀₅ часткових порівнянь $B - F_f < F_t$.					
Середнє за роками					
I	0,97/0,77	1,10/0,85	1,11/0,86	1,11/0,87	1,07/0,84
II	0,99/0,79	1,12/0,87	1,11/0,89	1,13/0,89	1,09/0,86
III	0,99/0,79	1,11/0,87	1,13/0,89	1,12/0,89	1,09/0,86
IV	1,00/0,79	1,12/0,88	1,12/0,90	1,14/0,90	1,10/0,87
V	0,99/0,79	1,11/0,87	1,12/0,90	1,12/0,89	1,09/0,86
Середнє	0,99/0,79	1,11/0,87	1,12/0,89	1,12/0,89	1,09/0,86

Примітка: * – варіанти фактора В: I – контроль; II – Моддус Стар; III – Ретацел 720; IV – Медакс ТОП; V – Моддус + Ретацел.

Значно більший вплив на масу зерна з колоса головної та бічної системи стебел чинили досліджувані варіанти системи живлення. При цьому, власне між варіантами з різними дозами внесення азоту істотної різниці не було, а на варіантах внесення азоту під час 22-23-ї мікрофази (після настання фізичної стиглості ґрунту) у дозах N_{50} і N_{65} маса зерна з колоса головної і бічної системи стебел взагалі була однаковою – 1,00 і 0,78 г – у 2024 р. і 1,24 і 0,99 г – у 2025 р. відповідно. На цих варіантах маса зерна з колоса головної та бічної системи стебел пшениці озимої у середньому за два роки досліджень була на 0,13 г і 0,10 г або на 13,1 % і 12,6 % відповідно більшою, ніж на контролі.

Оскільки роки досліджень були доволі контрастними, цілком логічним є їх значний вплив на основний елемент продуктивності рослин – масу зерна з колоса. Їх вплив був навіть вищий за вплив досліджуваних варіантів системи живлення. Зокрема, розбіжність маси зерна з колоса головної і бічної систем стебел за впливу досліджуваних варіантів системи живлення, як йшлося вище, становила 0,13 г і 0,10 г, тоді як за впливу погодних умов – 0,22 і 0,20 г відповідно.

Незважаючи на те що морфорегулятори істотно не впливали на кількість рослин і зернову продуктивність колоса головної системи стебел пшениці озимої, їх вплив на біологічну врожайність зерна системи головних стебел був істотний. Це обумовлено тим, що обробка посівів морфорегуляторами позитивно впливала як за отримання більшої кількості рослин на час збирання, так і на формування більшої маси зерен з колоса головної системи стебел.

Біологічна врожайність зерна з головної групи стебел найвищою була у варіанті обробки посівів морфорегулятором Медакс ТОП – у середньому за роками та фонами живлення – 3,58 т/га, що на 0,18 т/га або на 5,3 % вище порівняно з контролем (табл. 5).

Вплив обробок посівів досліджуваними морфорегуляторами на біологічну врожайність зерна системи головних стебел вищий був у менш сприятливих погодних умовах 2024 р. Зокрема, у варіанті обробки посівів продуктом Медакс ТОП, біологічна врожайність зерна системи

головних стебел у середньому за фонами мінерального живлення в 2024 р. була на 0,19 т/га (6,1 %) вищою порівняно з контролем, тоді як у 2025 р. – на 0,16 т/га (4,3 %).

Істотної взаємодії досліджуваних факторів не встановлено, оскільки на всіх досліджуваних варіантах системи живлення вплив морфорегуляторів був подібний. Наприклад, на першому, другому, третьому і четвертому фонах мінерального живлення, біологічна врожайність зерна системи головних стебел у варіанті обробки посівів продуктом Медакс ТОП у 2024 р. була на 0,21 т/га, 0,20, 0,23 і 0,23 т/га відповідно вищою порівняно з контролем (без обробки посівів морфорегуляторами), в 2025 р. – на 0,15 т/га, 0,16, 0,19 і 0,16 т/га.

5. Біологічна врожайність зерна системи головних (чисельник) і бічних (знаменник) стебел пшениці за впливу морфорегуляторів у сполученні з різними варіантами системи живлення, т/га

Морфо-регулятор (фактор <i>B</i>)	Варіант системи живлення (фактор <i>A</i>)				Середнє
	контроль	доза внесення азоту під час 22-23-ї мікрофази за кодом BBCH			
		N ₃₅	N ₅₀	N ₆₅	
2024 рік					
I*	2,73/1,18	3,20/1,42	3,26/1,47	3,21/1,48	3,10/1,39
II	2,88/1,29	3,28/1,48	3,29/1,57	3,39/1,55	3,21/1,47
III	2,85/1,24	3,27/1,52	3,35/1,52	3,32/1,56	3,20/1,46
IV	2,94/1,27	3,40/1,57	3,39/1,62	3,44/1,62	3,29/1,52
V	2,89/1,28	3,27/1,53	3,38/1,58	3,41/1,63	3,24/1,51
Середнє	2,86/1,25	3,28/1,50	3,33/1,55	3,35/1,57	3,21/1,47
НІР ₀₅ головного ефекту <i>A</i> – 0,13/0,06; НІР ₀₅ головного ефекту <i>B</i> – 0,15/0,08; НІР ₀₅ часткових порівнянь <i>A</i> – 0,16/0,07; НІР ₀₅ часткових порівнянь <i>B</i> – 0,18/0,11.					
2025 рік					
I	3,14/2,02	3,84/2,43	3,86/2,46	3,95/2,54	3,70/2,36
II	3,18/2,06	3,94/2,52	4,01/2,56	4,03/2,56	3,76/2,43
III	3,19/2,14	3,89/2,51	3,98/2,61	4,05/2,48	3,78/2,44
IV	3,29/2,22	4,00/2,69	4,05/2,73	4,11/2,76	3,86/2,60
V	3,27/2,16	3,95/2,54	4,03/2,69	4,06/2,69	3,83/2,52
Середнє	3,21/2,12	3,92/2,54	3,99/2,61	4,04/2,61	3,79/2,47
НІР ₀₅ головного ефекту <i>A</i> – 0,12/0,07; НІР ₀₅ головного ефекту <i>B</i> – 0,12/0,09; НІР ₀₅ часткових порівнянь <i>A</i> – 0,14/0,08; НІР ₀₅ часткових порівнянь <i>B</i> – 0,15/0,09.					
Середнє за роками					
I	2,94/1,60	3,52/1,93	3,56/1,97	3,58/2,01	3,40/1,88
II	3,03/1,68	3,61/2,00	3,65/2,07	3,71/2,06	3,50/1,95

III	3,02/1,69	3,58/2,02	3,67/2,07	3,54/2,02	3,45/1,95
IV	3,12/1,75	3,70/2,13	3,72/2,18	3,78/2,19	3,58/2,06
V	3,08/1,72	3,61/2,04	3,71/2,14	3,74/2,16	3,54/2,02
Середнє	3,04/1,69	3,60/2,02	3,66/2,09	3,67/2,09	3,49/1,97

Примітка: * – варіанти фактора В: I – контроль; II – Моддус Стар; III – Ретацел 720; IV – Медакс ТОП; V – Моддус Стар + Ретацел 720.

У менш сприятливих погодних умовах 2024 р. обробка посівів морфорегуляторами Моддус Стар і Ретацел 720 не забезпечувала істотного підвищення біологічної врожайності зерна головної системи стебел пшениці озимої порівняно з контролем, при цьому в 2025 р. у варіанті сумісного їх застосування (5-й варіант фактора В) відмічено істотне підвищення біологічної врожайності зерна головної системи стебел порівняно з контролем. Приріст показника порівняно з контролем становив 0,13 т/га за НІР₀₅ – 0,12 т/га.

Значно більший вплив на біологічну врожайність зерна головної системи стебел чинили досліджувані варіанти системи живлення. Найвищою вона була у варіанті з найбільшою дозою внесення азоту (N₆₅) під час 22-23-ї мікрофази – 3,35 т/га в 2024 р. і 4,04 т/га – в 2025 р., що на 0,49 т/га і 0,83 т/га або на 17,1 і 25,9 % відповідно вище, ніж на контролі. Вища ефективність внесення мінеральних добрив у 2025 р. обумовлена більш сприятливими погодними умовами. У 2024 р. саме гостра нестача вологи була лімітуючим врожайність зерна фактором і обмежувала рівень використання посівами елементів живлення.

Власне між варіантами з різними дозами азоту, істотної різниці за біологічною врожайністю зерна обох систем стебел не встановлено. Відмічалася лише тенденція підвищення біологічної врожайності зерна обох систем стебел за умови збільшення дози внесення азоту під час 22-23-ї мікрофази від 35 до 50 кг/га. З її подальшим підвищенням до 65 кг/га приросту показників біологічної врожайності зерна не було.

Аби провести порівняння загальної біологічної врожайності зерна не лише порівняно з контрольними варіантами, а й між усіма варіантами досліджуваних факторів, показники було оброблено статистичним методом з використанням рангового критерію Дункана (табл. 6).

6. Загальна біологічна врожайність зерна пшениці озимої сорту Богдана за впливу морфорегуляторів у сполученні з різними варіантами системи живлення, т/га

Морфо-регулятор (фактор <i>B</i>)	Варіант системи живлення (фактор <i>A</i>)				Середнє
	контроль	доза внесення азоту під час 22-23-ї мікрофази за кодом ВВСН			
		N ₃₅	N ₅₀	N ₆₅	
2024 рік					
I*	3,91 ¹	4,62	4,73	4,69	4,49 ¹
II	4,17 ²	4,76	4,86	4,94	4,68 ¹

III	4,09 ¹	4,79	4,87	4,88	4,66 ¹
IV	4,21 ²	4,97	5,01	5,06	4,81 ²
V	4,17 ²	4,80	4,96	5,04	4,75 ²
Середнє	4,11 ¹	4,79 ²	4,88 ²	4,92 ²	4,68
2025 рік					
I	5,16 ¹	6,27	6,32	6,49	6,06 ¹
II	5,24 ¹	6,46	6,57	6,59	6,22 ¹
III	5,33 ¹	6,40	6,59	6,53	6,22 ¹
IV	5,51 ²	6,69	6,78	6,87	6,46 ²
V	5,43 ²	6,46	6,72	6,75	6,34 ²
Середнє	5,33 ¹	6,46 ²	6,60 ³	6,65 ³	6,26

Примітка: * – варіанти фактора В: I – контроль; II – Моддус Стар; III – Ретацел 720; IV – Медакс ТОП; V – Моддус Стар + Ретацел 720.

У погодних умовах обох років обробка посівів пшениці озимої морфорегулятором Медакс ТОП забезпечувала істотне підвищення загальної біологічної врожайності зерна як за рахунок вищої густоти продуктивного стеблостою, так і за рахунок вищої зернової продуктивності колоса обох систем стебел. Біологічна врожайність зерна в цьому варіанті формувала другу рангову групу і становила 4,81 т/га в 2024 р. і 6,46 т/га в 2025 р. Решта варіантів відносилися до першої рангової групи, тобто не відрізнялися між собою і були на одному рівні з контролем. Лише в 2025 р. біологічна врожайність зерна у варіанті обробки посівів сполученням морфорегуляторів Моддус Стар і Ретацел 720 відносилася до однієї рангової групи з четвертим варіантом і істотно перевищувала інші варіанти.

Вплив досліджуваних варіантів системи живлення залежав від погодних умов. В усі роки загальна біологічна врожайність зерна пшениці озимої на всіх фонах мінерального живлення була істотно вищою порівняно з контролем, при цьому істотна різниця між власне варіантами внесення різних доз азоту встановлена лише в більш сприятливому 2025 р., а саме, – біологічна врожайність зерна пшениці істотно зростала за умови підвищення дози внесення азоту від 35 до 50 кг/га. Подальше її підвищення від 50 до 65 кг/га не забезпечувало істотного приросту біологічної врожайності зерна.

У цілому по досліді, найвища біологічна врожайність зерна пшениці озимої в 2024 і 2025 рр. була у варіанті обробки посівів морфорегулятором Медакс ТОП на фоні внесення 65 кг/га азоту під час 22-23-ї мікрофази – 5,06 і 6,87 т/га відповідно. Разом з тим, вона істотно не відрізнялася від біологічної врожайності зерна отриманої за меншої дози внесення азоту – 50 кг/га, а в менш сприятливих погодних умовах, – навіть за найменшої досліджуваної дози внесення – N₃₅.

Таким чином, з точки зору загальної біологічної врожайності зерна пшениці озимої сорту Богдана оптимальним є варіант обробки посівів

двохкомпонентним морфорегулятором Медакс ТОП на фоні внесення N_{50} під час 22-23-мікрофази за класифікацією ВВСН.

Висновки. Аналіз елементів продуктивності та біологічної врожайності зерна посівів пшениці озимої сорту Богдана виявив можливість їх істотного підвищення за рахунок використання морфорегуляторів на різних фонах мінерального живлення.

Найбільша кількість рослин і продуктивних стебел перед збиранням, а також озерненість і маса зерна з колоса головної і бічної групи стебел була на варіантах обробки посівів морфорегулятором Медакс ТОП на фоні їх підживлення азотом під час 22-23-ї мікрофази за класифікацією ВВСН у дозі N_{50} . Підвищення дози внесення азоту до N_{65} не забезпечило істотного підвищення елементів продуктивності рослин, а також параметрів продуктивного стеблостою.

Найбільший вплив досліджувані фактори чинили на біологічну врожайність зерна оскільки односторонньо впливали як на підвищення елементів продуктивності рослин такі і їх кількість на час збирання врожаю. Серед досліджуваних морфорегуляторів кращим у цьому відношенні був Медакс ТОП. Посіви пшениці озимої оброблені цим продуктом формували істотно вищу біологічну врожайність зерна як головної, так і бічної групи стебел у погодних умовах обох років на всіх фонах мінерального живлення.

Найвища загальна біологічна врожайність зерна пшениці сорту Богдана була у варіанті обробки посівів під час 31-ї мікрофази за класифікацією ВВСН морфорегулятором Медакс ТОП на фоні найбільшої дози внесення азоту (N_{65}) під час 22-23-ї мікрофази – 5,06 т/га у менш сприятливих умовах 2024 р., і 6,87 т/га – у сприятливому 2025 р. Разом з тим, фактично такі ж показники отримано за внесення азоту в дозі 50 кг/га – 5,01 і 6,78 т/га відповідно. Тож, враховуючи відсутність істотної різниці за загальною біологічною врожайністю зерна між варіантами з внесенням N_{50} і N_{65} , як у 2024 р., так і в 2025 р., підвищувати дозу внесення азоту від 50 до 65 кг/га не доцільного.

Істотної різниці за показниками загальної біологічної врожайності зерна між варіантами обробки посівів морфорегулятором Медакс ТОП і сумішшю продуктів Моддус Стар і Ретацел 720 не встановлено проте перевагу слід віддавати препарату Медакс ТОП оскільки по-перше – біологічна врожайність після його застосування була хоча і неістотно, однак вищою, ніж у варіанті сполучення препаратів Моддус Стар і Ретацел 720, по-друге – спрощується технологічний процес внесення оскільки використовується один продукт, по-третє – у морфорегулятора Медакс ТОП ширший температурний діапазон ефективної роботи.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Semenko L., Veremeyenko S., Bykin A., Kucher L., Panchuk T. Effectiveness of plant growth stimulants for winter wheat in the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine. *Scientific Horizons*. 2025. № 28(3). P. 33–43. [doi: 10.48077/scihor3.2025.33](https://doi.org/10.48077/scihor3.2025.33)
2. Позняк В.В. Ефективність застосування регулятора росту «Хлормекват-хлорид» у посівах пшениці озимої залежно від рівня удобрення. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2018. № 2. С. 177–182. [doi: 10.31210/visnyk2018.02.30](https://doi.org/10.31210/visnyk2018.02.30)
3. Kyfyak V., Verbivska L., Alioshkina L., Galunets N., Kucher L., Skrypnyk S. The influence of the social and economic situation on agribusiness. *Wseas Transactions on Environment and Development*, 2022. № 18, P. 1021–1035. [doi: 10.37394/232015.2022.18.98](https://doi.org/10.37394/232015.2022.18.98)
4. Kiforenko O. Correlation between the Greatest Agricultural Products Exporters to the EU: is Ukraine included? *AGRIS on-line Papers in Economics and Informatics*. 2023. № 15(3). P. 87–103. [doi: 10.7160/aol.2023.150308](https://doi.org/10.7160/aol.2023.150308)
5. Tadesse Y., Chala A., Kassa B. Yield loss due to septoria tritici blotch (*Septoria Tritici*) of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) in the Central highlands of Ethiopia. *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare*. 2020. 10(10). [doi: 10.7176/jbah/10-10-01](https://doi.org/10.7176/jbah/10-10-01)
6. Лозінський М.В., Самойлик М.О. Особливості успадкування кількості зерен головного колоса пшениці м'якої озимої за гібридизації лісостепового, степового і західноєвропейського екотипів. *Агробіологія*, 2023. № 2. С. 78–87. [doi: 10.33245/2310-9270-2023-183-2-78-87](https://doi.org/10.33245/2310-9270-2023-183-2-78-87)
7. Моргун В.В., Санін Є.В., Швартау В.В. Клуб 100 центнерів. Сучасні сорти та оптимальні системи живлення й захисту озимої пшениці. Київ: Логос. 2015. 148 с.
8. Marschner H. Marschner's mineral nutrition of higher plants. 3rd edn. London, U.K.: Academic Press, 2012. 672 p.
9. Elkoussy A.H., Ibrahim M.E., Ali A.A., Hussein A.M., Samak A.A. Effect of surface irrigation systems and growth stimulants on water use efficiency and wheat yield and quality. *Menoufia Journal of Plant Production*. 2023. № 8(10). P. 209–210. [doi: 10.21608/mjppf.2023.327060](https://doi.org/10.21608/mjppf.2023.327060)
10. Kieloch R., Marczevska-Kolasa K. Possibility of joint application of herbicides with growth regulators in spring barley. *Progress in Plant Protection*. 2022. № 61(4). P. 290–296. [doi: 10.14199/ppp-2021-031](https://doi.org/10.14199/ppp-2021-031)
11. Nsengiyumva D.S., Balabanov P.A. Impact of fungal biologically active substances on plant growth. *AIP Conference Proceedings*, 2019. 2063(1), article number 040040. [doi: 10.1063/1.5087372](https://doi.org/10.1063/1.5087372)
12. Garban Z., Ilia G. Plant growth bioregulators. In Biologically active substances usable in food, pharmaceutical and agrobiological fields. 2024. P. 193–223. Florida: CRC Press. [doi: 10.1201/9781032702520-5](https://doi.org/10.1201/9781032702520-5)

13. Крижанівський В.Г. Особливості формування якості зерна сортів пшениці озимої в Правобережному Лісостепу. *Наукові доповіді НУБіП України: Агрономія*. 2022. № 1(95). doi: [10.31548/dopovidi2022.01.008](https://doi.org/10.31548/dopovidi2022.01.008).

14. Babu R.S.H., Srilatha V., Joshi V. Plant growth regulators. In *Plant growth regulators in tropical and sub-tropical fruit crops*. 2022. P. 1–13. Florida: CRC Press. doi: [10.1201/9781003300342-1](https://doi.org/10.1201/9781003300342-1)

15. Маковейчук Т.І., Михальська Л.М., Швартау В.В. Вплив ретардантів – похідних циклогексادیонів на продуктивність пшениці озимої. *Фізіологія рослин і генетика*. 2018. Т.50. № 6. С. 499–507. doi: [10.15407/frg2018.06.499](https://doi.org/10.15407/frg2018.06.499)

16. Zhang M., Wang H., Yi Y., Ding J., Zhu M., Li C., Guo W., Feng C., Zhu X. Effect of nitrogen levels and nitrogen ratios on lodging resistance and yield potential of winter wheat (*Triticum aestivum* L.). *PLoS One*. 2017. № 12(11). doi: [10.1371/journal.pone.0187543](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0187543)

17. Kong E.Y., Liu D.C., Guo X.L., Yang W.L., Sun J.Z., Li X., Zhan K., Cui D., Lin J. Anatomical and chemical characteristics associated with lodging resistance in wheat. *The Crop Journal*. 2013. № 1(1). P. 43–49.

18. Berry P.M., Sterling M., Spink J.H., Baker C.J., Sylvester-Bradley R., Mooney S., Tams A.R., Ennos A.R. Understanding and reducing lodging in cereals. *Advances in Agronomy*. 2004. № 84(04). P. 215–269.

19. Acreche M.M., Slafer G.A. Lodging yield penalties as affected by breeding in Mediterranean wheats. *Field Crops Res*. 2011. № 122. P. 40–48.

20. Tripathi S.C., Sayre K.D., Kaul J.N. Planting systems on lodging behavior yield components, and yield of irrigated spring bread wheat. *Crop Sci*. 2005. № 45. P. 1448–1455. doi: [10.2135/cropsci2003-714](https://doi.org/10.2135/cropsci2003-714)

21. Espindula M.C., Rocha V.C., Grossi J.A.S., Souza M.A., Souza L.T., Favarato L.F. Use of growth retardants in wheat. *Planta Daninha*. 2009. № 27(2). P. 379–387. doi: [10.1590/S0100-8358200900020002](https://doi.org/10.1590/S0100-8358200900020002)

22. Zagonel J., Fernandes E.C. Rates and application times of growth reducer affecting wheat cultivars at two nitrogen rates. *Planta Daninha*. 2007. № 25(2). P. 331–339.

23. Єщенко В.О., Копитко П.Г., Костоґриз П.В., Опришко В.П. Основи наукових досліджень в агрономії: підручник. Вид. 2-ге, виправлене і доповнене. Вінниця: ПП «ТД Едельвейс і К». 2014. 332 с.

24. Рожков А.О., Пузік В.К., Каленська С.М. й ін. Дослідна справа в агрономії: у 2 книгах. Кн. перша: Теоретичні аспекти дослідної справи. Харків: Майдан. 2016. 316 с.

REFERENCES

1. Semenko L., Veremeyenko S., Bykin A., Kucher L., Panchuk T. (2025). Effectiveness of plant growth stimulants for winter wheat in the Left-

Bank Forest-Steppe of Ukraine. *Scientific Horizons*. № 28(3). P. 33–43. doi: [10.48077/scihor3.2025.33](https://doi.org/10.48077/scihor3.2025.33)

2. Poznyak V.V. (2018). Effectiveness of the growth regulator “Chlormequat chloride” in winter wheat crops depending on the level of fertilization. *Bulletin of the Poltava State Agrarian Academy*. № 2. P. 177–182. doi: [10.31210/visnyk2018.02.30](https://doi.org/10.31210/visnyk2018.02.30)

3. Kyfyak V., Verbivska L., Alioshkina L., Galunets N., Kucher L., Skrypnyk S. (2022). The influence of the social and economic situation on agribusiness. *Wseas Transactions on Environment and Development*. № 18. P. 1021–1035. doi: [10.37394/232015.2022.18.98](https://doi.org/10.37394/232015.2022.18.98)

4. Kiforenko O. (2023). Correlation between the Greatest Agricultural Products Exporters to the EU: is Ukraine included? *AGRIS on-line Papers in Economics and Informatics*. № 15(3). P. 87–103. doi: [10.7160/aol.2023.150308](https://doi.org/10.7160/aol.2023.150308)

5. Tadesse Y., Chala A., Kassa B. (2020). Yield loss due to septoria tritici blotch (*Septoria Tritici*) of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) in the Central highlands of Ethiopia. *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare*. 10(10). doi: [10.7176/jbah/10-10-01](https://doi.org/10.7176/jbah/10-10-01)

6. Lozinsky M.V., Samoilik M.O. (2023). Features of inheritance of the number of grains in the main ear of soft winter wheat during hybridization of forest-steppe, steppe, and Western European ecotypes. *Agrobiology*. №. 2. P. 78–87. doi: [10.33245/2310-9270-2023-183-2-78-87](https://doi.org/10.33245/2310-9270-2023-183-2-78-87)

7. Morgun V.V., Sanin E.V., Shvartau V.V. (2015). Club 100 Centners. Modern varieties and optimal nutrition and protection systems for winter wheat. Kyiv: Logos. 2015. 148 p.

8. Marschner H. (2012). Marschner’s mineral nutrition of higher plants. 3rd edn. London, U.K.: Academic Press. 672 p.

9. Elkoussy A.H., Ibrahim M.E., Ali A.A., Hussein A.M., Samak A.A. (2023). Effect of surface irrigation systems and growth stimulants on water use efficiency and wheat yield and quality. *Menoufia Journal of Plant Production*. № 8(10). P. 209–210. doi: [10.21608/mjppf.2023.327060](https://doi.org/10.21608/mjppf.2023.327060)

10. Kieloch R., Marczevska-Kolasa K. (2022). Possibility of joint application of herbicides with growth regulators in spring barley. *Progress in Plant Protection*. № 61(4). P. 290–296. doi: [10.14199/ppp-2021-031](https://doi.org/10.14199/ppp-2021-031)

11. Nsengiyumva D.S., Balabanov P.A. (2019). Impact of fungal biologically active substances on plant growth. *AIP Conference Proceedings*. 2063(1), article number 040040. doi: [10.1063/1.5087372](https://doi.org/10.1063/1.5087372)

12. Garban Z., Ilia G. (2024). Plant growth bioregulators. In Biologically active substances usable in food, pharmaceutical and agrobiological fields. P. 193–223. Florida: CRC Press. doi: [10.1201/9781032702520-5](https://doi.org/10.1201/9781032702520-5)

13. Kryzhanivsky V.G. (2022). Features of grain quality formation in winter wheat varieties in the Right-Bank Forest-Steppe. Scientific reports of

the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine: *Agronomy*. № 1(95). doi: [10.31548/dopovidi2022.01.008](https://doi.org/10.31548/dopovidi2022.01.008)

14. Babu R.S.H., Srilatha V., Joshi V. (2022). Plant growth regulators. In *Plant growth regulators in tropical and sub-tropical fruit crops*. P. 1–13. Florida: CRC Press. doi: [10.1201/9781003300342-1](https://doi.org/10.1201/9781003300342-1)

15. Makoveychuk T.I., Mikhalska L.M., Shvartau V.V. (2018). The effect of cyclohexadione derivatives retardants on winter wheat productivity. *Plant Physiology and Genetics*. Vol. 50. № 6. P. 499–507. doi: [10.15407/frg2018.06.499](https://doi.org/10.15407/frg2018.06.499)

16. Zhang M., Wang H., Yi Y., Ding J., Zhu M., Li C., Guo W., Feng C., Zhu X. (2017). Effect of nitrogen levels and nitrogen ratios on lodging resistance and yield potential of winter wheat (*Triticum aestivum* L.). *PLoS One*. № 12(11). doi: [10.1371/journal.pone.0187543](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0187543)

17. Kong E.Y., Liu D.C., Guo X.L., Yang W.L., Sun J.Z., Li X., Zhan K., Cui D., Lin J. (2013). Anatomical and chemical characteristics associated with lodging resistance in wheat. *The Crop Journal*. № 1(1). P. 43–49.

18. Berry P.M., Sterling M., Spink J.H., Baker C.J., Sylvester-Bradley R., Mooney S., Tams A.R., Ennos A.R. (2004). Understanding and reducing lodging in cereals. *Advances in Agronomy*. № 84(04). P. 215–269.

19. Acreche M.M., Slafer G.A. (2011). Lodging yield penalties as affected by breeding in Mediterranean wheats. *Field Crops Res*. № 122. P. 40–48.

20. Tripathi S.C., Sayre K.D., Kaul J.N. (2005). Planting systems on lodging behavior yield components, and yield of irrigated spring bread wheat. *Crop Sci*. № 45. P. 1448–1455. doi: [10.2135/cropsci2003-714](https://doi.org/10.2135/cropsci2003-714)

21. Espindula M.C., Rocha V.C., Grossi J.A.S., Souza M.A., Souza L.T., Favarato L.F. (2009). Use of growth retardants in wheat. *Planta Daninha*. № 27(2). P. 379–387. doi: [10.1590/S0100-8358200900020002](https://doi.org/10.1590/S0100-8358200900020002)

22. Zagonel J., Fernandes E.C. (2007). Rates and application times of growth reducer affecting wheat cultivars at two nitrogen rates. *Planta Daninha*. № 25(2). P. 331–339.

23. Yeschenko V.O., Kopytko P.G., Kostogryz P.V., Opryshko V.P. (2014). Basics of scientific research in agronomy: a textbook. Edition 2nd, corrected and supplemented. Vinnytsia. PE «TD Edelweiss and K», 332 p.

24. Rozhkov A.O., Puzik V.K., Kalenska S.M. and other (2016). Research case in agronomy: educational manual: in 2 books. – Book 1. Theoretical aspect of the research case. Kharkiv: Maidan, 316 p.

S.O. Ivanov, post-graduate student

A.A. Rozhkov, doctor of agricultural sciences, professor

State biotechnological university

Kharkiv, Ukraine

Plant productivity and biological yield of winter wheat grain under the influence of morpho-regulators on different mineral nutrition backgrounds

The results of two years of research on the effect of morphoregulators in combination with different mineral nutrition backgrounds on the formation of plant productivity and biological yield of winter wheat grain are presented.

Formulation of the problem. The effectiveness and practical application of combinations of various agrochemicals, in particular different forms of mineral fertilizers and morphoregulators, remain insufficiently studied. In addition, new types and formulations of fertilizers and morphoregulators are systematically appearing on the market, and new varieties of winter wheat are being introduced into production, which differ in their morpho-biotype and, therefore, may react differently to elements of cultivation technology, in particular, the system of nutrition and plant growth regulation. In addition, growing weather conditions are changing, in particular, there is a gradual increase in temperature and a decrease in precipitation. All these factors indicate the advisability of conducting research aimed at more efficient use of mineral fertilizers and morphoregulators in different growing regions.

The purpose of the research. The aim of the research was to determine and compare the effectiveness of modern morphoregulators with different bases in combination with different mineral nutrition backgrounds on the formation of plant productivity elements and biological yield of winter wheat grain in the conditions of the eastern Forest-Steppe of Ukraine.

Research methods. The research was conducted in 2024 and 2025 on the basis of grain-row crop rotation at the Department of Plant Growing of the State Biotechnological University. The effectiveness of using morphoregulators in combination with different mineral nutrition backgrounds was studied on Bogdana, a widely used, medium-maturing, intensive type of soft winter wheat.

A two-factors experiment was set up using the split-plot method in three replicates in a single layer. The first-order plots were four mineral nutrition backgrounds: 1 – control; 2 – top dressing with $N_{15}P_{30}K_{20}$ (150 kg/ha of MACROSTAR - $N_9P_{20}K_{12}$) + top dressing after physical ripeness of the soil (22-23rd microphase) with urea at a rate of N_{35} + + foliar feeding with urea at a dose of 22 kg/ha (N_{10}) during the 37th microphase; 3 and 4 – same as the second option, but the urea application rate during the 22-23rd microphase is increased to 108 and 141 kg/ha (N_{50} and N_{65}), respectively. The second order plots consisted of five options for treating crops with retardant morphoregulators during the 31st microphase according to the BBCH classification: I – control (without morphoregulators); II – Moddus Star (0.3 l/ha); III – Retacel (1.5 l/ha); IV – Medax TOP (0.7 l/ha); V – mixture of Moddus Star (0.2 l/ha) + Retacel (1.0 l/ha). The area of the experimental plot was 37.5 m², and the accounting area was 30 m².

Research results. It has been established that it is possible to form higher elements of plant productivity, as well as significantly increase the biological yield of winter wheat grain through the use of morphoregulators on different nutritional backgrounds.

The highest number of plants and lateral productive stems of winter wheat was 329 and 276 respectively, was observed in 2025 in the variant of treating crops with the Medax TOP regulator against the background of applying the highest dose of nitrogen (N_{65}) during the 22-23rd microphase according to the BBCH classification. In fact, the same indicators – 327 plants and 278 lateral productive stems – were observed in the variant of applying this regulator against the background of a lower dose of nitrogen – N_{50} .

The greatest changes in the number of wheat plants before harvesting were influenced by the studied variants of the nutrition system, while the number of lateral

productive stems was influenced by weather conditions. Thus, the range of variation in the number of plants under the influence of morphoregulators and weather conditions was 2.8 % and 4.1 %, respectively, while under the influence of the nutrition system it was 7.1 %. The range of variation in the number of lateral productive stems under the influence of morphoregulators and the nutrient background was 5.9 % and 11.4 %, respectively, while under the influence of weather conditions it was 34.2 %.

The largest number and weight of grains from the main and side stems were formed in the variants treated with the Medax TOP regulator against the background of nitrogen fertilization during the 22-23rd microphase at a dose of N₅₀. Increasing the nitrogen dose to N₆₅ did not provide a significant increase in these indicators.

Among the regulators studied, both in terms of their effect on plant productivity and in terms of their effect on the biological grain yield of the main and lateral stem systems of winter wheat, the product Medax TOP was the best. Crops treated with this product formed significantly higher biological grain yield of both stem systems in the weather conditions of both years on all studied mineral nutrition backgrounds.

The highest overall biological yield of winter wheat was achieved in the treatment variant during the 31st microphase according to the BBCH classification with the Medax TOP regulator against the background of the highest nitrogen application rate (N₆₅) during the 22nd-23rd microphase – 5.06 t/ha in 2024 and 6.87 t/ha in 2025. At the same time, virtually the same indicators were obtained for N₅₀ application – 5.01 and 6.78 t/ha, respectively. Therefore, given the lack of a significant difference in biological grain yield between these options, it is not advisable to increase the nitrogen dose from 50 to 65 kg/ha.

Conclusions. No significant difference in terms of overall biological grain yield was found between the options of treating crops with the Medax TOP regulator and a mixture of Moddus Star and Retacel 720 products. However, preference should be given to the application of the Medax TOP regulator because, firstly, the biological yield when using it was higher, albeit insignificantly, secondly, the spraying process is simplified because only one product is applied, and thirdly, the Medax TOP regulator has a wider temperature range of effective operation.

Keywords: winter wheat, fertilizers, growth regulator, nutrition system, productivity elements, plant density, biological yield

УДК 631.8 [631.1:633.3:633.8]

DOI 10.5281/zenodo.18537680

О.Ю. Щербаков, аспірант

В.В. Дегтярьов, д-р с.-г. наук, професор

Державний біотехнологічний університет, Харків, Україна

АНТИСТРЕСОВА ДІЯ ГУМУСОВИХ БІОСТИМУЛЯТОРІВ НА УРОЖАЙНІСТЬ СОНЯШНИКА (*Helianthus L.*) В УМОВАХ ГЛОБАЛЬНИХ ЗМІН КЛІМАТУ

Наведено результати досліджень впливу позакореневого підживлення гумусовими біостимуляторами Зіновій Тріпл Корн, Зіновій Тріпл Оіл, Зіновій Тріпл Дабл, Зіновій Тріпл, Зіновій Гранд Гурій виробництва фірми Пестицид ЕООД (Болгарія) в дозах 2 і 4 л/га на біологічну продуктивність соняшнику товарних

гібридів MAS 920 CP (2024 рік) та MAS 85 (2025 рік) . Установлено, що в кліматичних умовах Харківщини, які склалися у 2024-2025 рр., найкращі результати отримані для біостимулятора Зіновій Тріпл Оіл.

Гумусові біостимулятори виробництва фірми Пестицид ЕООД слід розглядати не лише як джерело макро- і мікроелементів для рослин, а й як антистресант в посушливих умовах клімату Східного Лісостепу України.

Ключові слова: гумусові біостимулятори росту, соняшник, біологічна урожайність

Вступ. З кожним роком проявляється все більший інтерес до екологічно чистих технологій вирощування сільськогосподарських культур. Одним із шляхів вирішення проблеми екологічно безпечного ведення господарства є застосування гумінових речовин природного походження. В нинішніх умовах саме гуміновим, або гумусовим речовинам відводиться першочергова роль у підвищенні ефективності та покращенні екологічної ситуації в сільському господарстві.

Родючість ґрунту досить сильно залежить від вмісту гумусу. Чим його більше, тим кращий урожай можна отримати. Джерелом гумусу виступають органічні рештки рослин, тварин і мікроорганізмів. Для забезпечення родючості ґрунту вміст гумусу в ньому повинен бути досить високим на рівні 8-10%. Нині вміст гумусу в них становить 3-4%. Щоб зупинити подальше зниження вмісту гумусу у ґрунтах, необхідно застосовувати системи, при яких винесення гумусу з ґрунту разом з урожаєм культур компенсується поверненням до них органіки. Тому останнім часом у якості високоефективного джерела гумінових речовин у всьому світі активно застосовують солі гумінових кислот, які ще називають гуматами. Гумінові речовини поділяються на три головні фракції: а) гуміни; б) гумінові кислоти; в) фульвокислоти. Цей поділ здебільшого умовний та базується на розчинності кожної фракції у воді і відрегульований за різним значенням рН.

Гумінові речовини впливають на рослину прямо або опосередковано. Непрямий ефект пов'язаний з поліпшенням водно-фізичних властивостей ґрунту, активізацією мікрофлори, впливом на міграцію поживних речовин, зв'язуванням токсичних агентів (пестицидів, важких металів).

Гумусові речовини мають пряму всебічну дію на процеси росту рослин, тобто здійснюють їх регуляцію. Вплив гумінових добрив на рослини має складний багатоступеневий характер та охоплює весь період вегетації рослин. Кожна функціональна група фрагменту молекули гумінової кислоти виконує свою безпосередню роль, а таких груп дуже багато, тому дія гуматів на воду, ґрунт і всі стадії росту рослин багатогранна.

З гуміновими речовинами в рослину потрапляє певна кількість поживних речовин — азоту, фосфору, калію, кальцію, сірки та інших

мікроелементів, а також амінокислот, вітамінів і ростових речовин. Потрапляючи в рослину, гумінові речовини активують ферментативну активність усіх клітин рослини та утворення стимулюючих сполук самою рослиною. Як результат — зростання енергетики клітини, зміна фізико-хімічних властивостей протоплазми, інтенсифікація обміну речовин. Збільшується проникливість мембрани клітин кореня, покращується проникнення елементів мінерального живлення із ґрунтового розчину до рослин у вигляді гуміново-мінеральних сполук. Це призводить до посилення поглинання рослиною поживних речовин.

Крім того, за рахунок гуматів покращується надходження у рослину із ґрунту цукрів, амінокислот, вітамінів, гормонів. Прискорюється надходження води та поглинання кисню рослинами, що у підсумку інтенсифікує дихання рослин. Внаслідок посиленого дихання прискорюється поділ клітин, фотосинтез, синтез білків, посилення росту кореневої системи, надземної маси, збільшується вихід сухої речовини, а значить і загальна життєдіяльність рослин покращується.

Все це в кінцевому підсумку призводить до посилення росту, підвищення продуктивності рослин та покращення якості продукції. Гумати виступають як органічні добрива і як регулятори росту рослин.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В сучасних системах землеробства спостерігається певна нестабільність ефективності основного удобрення, що є наслідком незбалансованих цін на сільськогосподарську продукцію та засоби хімічної промисловості, застосування переважно мінімальної системи обробітку ґрунту, а також практично повної відсутності сталої структури посівних площ. Частковим вирішенням проблеми недостатнього забезпечення рослин поживними елементами є застосування позакореневого підживлення, яке, на думку багатьох дослідників, є ефективним при вирощуванні більшості культур [2].

Позакореневі підживлення особливо ефективні за несприятливих погодних умов та інших чинників, що знижують доступність елементів живлення із ґрунту: показників вологості та температури, рН ґрунту тощо. У такому разі листкове підживлення стимулює поглинання поживних речовин із ґрунту. Позакореневе підживлення підвищує інтенсивність синтезу хлорофілу в листі, що сприяє його насиченому зеленому забарвленню, а це, у свою чергу, стимулює ріст коріння, виділення цукрів, зростання кількості мікроорганізмів, які забезпечують синтез ауксинів та інших коренестимулюючих речовин. Зі зростанням клітинного газообміну збільшується кількість поглинутої корінням води, а отже, активізується процес всмоктування поживних речовин із ґрунтового розчину. Позакореневі підживлення в більшості випадків будуть ефективнішими, якщо їх проводити кілька разів – на початку та впродовж вегетації культур.

Особливого значення набуло позакореневе підживлення основної олійної культури – соняшнику, який дуже чутливий до нестачі бору, що особливо гостро відчувається під час посухи та на карбонатних ґрунтах.

Вивчення впливу різних строків позакореневого підживлення [2] на деякі біометричні показники рослин і урожайність насіння соняшнику показало, що навіть одноразове застосування позакореневого підживлення стимулює ріст і розвиток рослин соняшнику.

Урожайність соняшнику суттєво відрізнялася в окремі роки досліджень через стан погодних умов. Найбільш сприятливими були умови 2018 р., коли кількість опадів у критичні для рослин періоди становила 75,8 мм, менш сприятливими – у 2017 р., за опадів на рівні 28,8 мм. Найменшу урожайність отримали у 2019 р. у зв'язку з гострою нестачею кількості опадів у критичні періоди (18 мм) [2].

Однак, незважаючи на відмінності в погодних умовах і загальному рівні врожайності культури, ефективність позакореневого підживлення в окремі роки відповідала тим самим тенденціям, що і в середньому за три роки досліджень. Тобто результатами досліджень [2] підтверджуються висновки інших дослідників про високу ефективність позакореневого підживлення за різних погодних умов, що складаються впродовж вегетаційного періоду соняшника.

За підсумками результатів трирічних досліджень [2] рекомендовано господарствам Лівобережного Лісостепу для підвищення урожайності насіння соняшнику застосування триразового позакореневого підживлення комплексом макро- і мікродобрив із вмістом бору. У період зміни клімату з погіршенням умов забезпечення вологою впродовж вегетації соняшнику ефективним заходом є підживлення комплексом макро- і мікродобрив із додаванням стимуляторів росту на основі амінокислот, що підвищує стійкість рослин до стресів і забезпечує отримання стабільно високих врожаїв цієї основної олійної культури.

За результатами виробничої та економічної ефективності проведених Коваленко та ін. досліджень [3], найкращі результати забезпечувало вирощування гібриду соняшнику НК Камен та використання позакореневого підживлення посівів у фазі 6-8 листків мікродобривом Квантум, що сприяло отриманню найвищої урожайності (2,55 т/га) та рівня рентабельності (241,8 %).

За результатами досліджень [4] встановлено, що в умовах Західного Полісся поліпшення поживного режиму ґрунту за внесення мінеральних добрив і позакореневого підживлення стимулятором росту Вимпел 2 (0,5 л/га) забезпечило підвищення врожайності насіння гібридів соняшнику та вмісту олії. Найвищу врожайність насіння в гібридів соняшнику Годувальник — 3,22 т/га, Гусяр — 2,42 та Інтеграл — 2,23 т/га за вмісту олії 49,6; 54,1 і 54,5% відповідно отримали за

мінерального удобрення $N_{90} P_{60} K_{120}$ у поєднанні з позакореневим підживленням стимулятором росту Вимпел 2 (0,5 л/га) у фазах 3 – 4 і 5 – 6 листків. Максимальна олійність насіння гібридів соняшнику (Годувальник — 55,2, Інтеграл — 54,5, Гусяр — 50,2%) формувалася за удобрення $N_{60} P_{30} K_{90}$.

Кожен з варіантів оптимізації живлення рослин соняшника [5] забезпечив приріст урожайності, порівняно з контрольним варіантом за обробки рослин водою, найбільшими рівні врожайності сформовані у варіантах, де позакореневі обробки посівів рослин проводили двічі. У середньому за роки досліджень урожайність насіння соняшнику у контролі склала 2,55 т/га, а в удобрених варіантах збільшилася до 2,763,56 т/га. Максимальним її рівень сформувався за поєднання проведення позакореневих підживлень Фреш Енергією 0,5 кг/га у фазу 3-4 пар листків та Фреш Флориду 0,5 кг/га у період бутонізації. Приріст урожайності відбувався внаслідок впливу біопрепаратів на ростові процеси і основні показники структури, що формують урожай. Діаметр кошику та маса насіння з одного кошика за всіма варіантами позакореневих підживлень були більшими порівняно з контролем за обробки рослин водою. Натура насіння соняшнику також змінювалася відповідно варіантів обробок посіву біопрепаратами та залежала від умов вологозабезпечення року вирощування. У середньому за роками досліджень проведення підживлень сприяло збільшенню маси 1000 насінин у всіх варіантах досліду. Вміст жиру в насінні соняшнику істотно різнився за роками досліджень. Найбільше його накопичилось у насінні, вирощеному в 2016 р., а найменше – у посушливому 2017 році. Аналіз урожайності насіння у варіантах досліду за роками дозволив виявити різницю щодо реакції гібриду соняшнику на застосування удосконаленого елемента технології вирощування, особливо в роки, які суттєво відрізнялися від середньостатистичних за кількістю опадів та сумою позитивних температур [5].

За результатами досліджень Добровольського А.В. [6], мінеральні добрива і ростактивуючі препарати сприяють зростанню виносу елементів мінерального живлення з урожаєм на 2-6%. Але при комплексному застосуванні добрив і багатофункціональних препаратів досягається ефект синергізму, тобто за зростання виносу поживних речовин спостерігається питома економія, яка досягає в окремих випадках 7%. Препарати, які застосовувалися у досліді, впливають на зміну параметричних характеристик перших справжніх листків рослин соняшника: під дією Хелафіту перші листки стають коротшими та ширшими у порівнянні з контролем. Характерною особливістю динамічного процесу діяльності листової поверхні є різний темп усихання листя під час завершення вегетації. Якщо без застосування препарату Хелафіт вже 10 – 15 вересня 100% листя було сухим, то у разі

дворазової обробки препаратом навіть 20 вересня 3,0 тис. м²/га листя мало зелений колір. Листкова поверхня та її розмір – це екстенсивні чинники зростання урожаю надземної фітомаси, тому що паралельно спостерігається зменшення питомої продуктивності фотосинтезу. Якщо між площею листя та фотосинтетичним потенціалом існує доволі тісний рівень кореляції ($r = + 0,77-0,88$), то з показником чистої продуктивності фотосинтезу цей зв'язок має від'ємне значення ($r = - 0,49 \pm 0,22$) [6].

Підживлення соняшників гуматом калію – корисний інструмент для покращення умов вирощування цієї важливої у сільському господарстві культури та підвищення її врожайності.

Гумат калію для соняшника – ефективне органо-мінеральне добриво, застосування якого сприяє покращенню загального здоров'я рослини та підвищенню її врожайності. Також до його переваг можна віднести: стимуляцію зростання кореневої системи, покращення структури ґрунту та його водоутримуючої здатності, активізацію живильного обміну, зміцнення імунної системи та стійкості до стресу.

Результати проведених досліджень [7] підтверджують: підживлення соняшника гуматом калію сприяє збільшенню розмірів суцвіть, кількості насіння та їх маси, а також підвищенню вмісту олії в їх насінні. Все це призводить до зростання загального врожаю та покращення якості продукції, у тому числі її смакових характеристик, зовнішнього вигляду та вмісту корисних речовин, що, у свою чергу, підвищує комерційну цінність продукції та сприяє задоволенню очікувань споживачів.

Найвища врожайність насіння в середньому за три роки – 2,60 т/га, була також у варіанті сполучення передпосівної обробки всіма препаратами з трьома позакореновими підживленнями розчином на основі стимулятора росту БлекДжеку. Разом з тим, за проведеним статистичним аналізом, в умовах 2022 і 2023 рр. вона була фактично на одному рівні з урожайністю у варіанті з двома позакореновими підживленнями тим же розчином – 2,45 і 2,44 т/га у 2022 р. і 3,03 і 3,01 т/га відповідно – у 2023 р. З точки зору врожайності 145 насіння, проведення третього позакоренового підживлення було виправдане, оскільки порівняно з варіантом де проводили два підживлення, приріст показника – 0,08 т/га, був статистично доведений [8].

Для отримання стабільно високих врожаїв соняшнику в умовах північно-східної частини Лісостепу України (3,30–3,45 т/га) та подолання низької ефективності високих доз мінеральних добрив деякі автори [9] пропонують використовувати регулятор росту Церон у фазу ВВСН 30–33 в нормі 0,5–1,0 л/га.

Застосування регуляторів росту рослин та біопрепаратів з діючими речовинами різного походження, що підвищило стійкість до несприятливих зовнішніх чинників, характеризується чітко вираженим

антистресовим впливом та зростанням вегетативної маси та насіннєвої продуктивності. Вищі показники врожайності (на 0,13; 0,18 та 0,24 т/га) були сформовані за рахунок стійкості до несприятливих умов вегетації та створення ценозу з вищою висотою рослин (на 3,6–9,1 см) та діаметром кошика (на 8,46–10,76% відносно контролю) на варіантах за проведення обробітку із застосуванням полімерного плівкоутворюючого регулятора росту рослин АКМ, РК (0,2 л/т), композиції природних стимуляторів розвитку і комплексу 2,6-диметилпіридин-1-оксиду з бурштинової кислотою Трептолем, в.р.с. (20 мл/т), комплексного мікродобрива Вінкропс Антистрес, в.р. (1,0 л/га). На варіантах з досліджуваними препаратами Ярослав, в.р.к. (12 л/га), Квадростим, в.р.к. (500 г/т), Лідер плюс, в.с.р. (0,05 л/га), АГРІНОС А, р. (1,5 л/га) вплив на продуктивність соняшнику виявився менш виразним, прибавка врожайності насіння по роках коливалась в межах 0,03–0,1 т/га. Висновки. Вивчення впливу показали що, задля вирощування високих врожаїв соняшнику необхідно оптимізувати процеси формування вегетативних та генеративних органів, наростання надземної маси рослин і площі листової поверхні, а також фотосинтетичну активність посівів. Слід враховувати реакцію гібрида Епікур при вирощуванні в умовах Степу України на дію регуляторів росту з антистресовою дією для збирання максимального врожаю і рекомендується застосування обробітку регулятором росту природного походження Вінкропс Антистрес, в.р. нормою 1,0 л на 1 га з метою більш ефективного процесу мобілізації можливостей соняшнику в періоди несприятливої дії кліматичного впливу [10].

Істотне підвищення врожайності (0,32–0,42 т/га), порівняно з контролем, спостерігали [11] також і на варіанті, де позакореневе підживлення рослин проводили стимулятором гумат калію (0,4 л/га) на фоні аналогічної дози мінеральних добрив. Середня врожайність гібриду Кадет за даного варіанту удобрення становила 3,06 т/га, Ярило – 2,69 т/га, Вирій – 3,13 т/га або поступалася попередньому варіанту удобрення на 0,02–0,10 т/га. У разі внесення мінерального удобрення дозою N12P52, а також позакореневого підживлення рослин карбамідом (10 кг/га) або гумат калію (0,4 л/га) урожайність гібридів знаходилися в межах 2,55–3,01 т/га, що перевищує контроль (без добрив) на 0,14–0,30 т/га. Встановлено, що найбільше олії у насінні ранньостиглого гібриду Кадет та середньораннього Ярило накопичувалося за позакореневого підживлення рослин стимулятором гумат калію на фоні внесення мінеральних добрив у дозі N₃₂P₃₂K₃₂ – 51,4 %. Середньостиглий гібрид Вирій формував максимальний показник олійності на варіанті із позакореневим підживленням посівів карбамідом (10 кг/га) на фоні мінеральних добрив N₁₂P₅₂ – 51,0 %. Поєднання в системі живлення рослин соняшнику основного внесення мінеральних добрив та

позакореневого підживлення посівів у фазу 5–6 пар листків сприяло одержанню найвищого збору олії з одиниці площі (1229–1422 кг/га).

Чи є специфічні «вузькі місця» застосування цього агроприйому? [12]. Насамперед слід пам'ятати, що поживні речовини, які наносять на поверхню листя, можуть справляти позитивну дію лише після того, як вони проникнуть усередину листової тканини.

Швидкість висихання розчину на поверхні листя також залежить від низки факторів (зокрема, від температури і вологості повітря, сили вітру тощо). Встановлено [12], що навіть у разі підживлення у кінці дня листя висихає за 15–20 хв, зрідка волога зберігається протягом 30–40 хв. Добрий результат від позакореневого підживлення можна отримати тільки за умови вторинного розчинення залишкового осаду поживних речовин на поверхні листя (під впливом роси). За несприятливих умов для повного їхнього використання рослини часто засвоюють тільки ту, вельми незначну, частину поживних речовин, яка закріплюється на поверхні листя у процесі обмінної адсорбції і становить 10–15% (а інколи й менше) загальної кількості добрив, витрачених на підживлення. Коли мова йде про забезпечення потреби рослин у мікроелементах, такий низький коефіцієнт використання добрив виявляється недостатнім для створення відчутного позитивного ефекту.

Іншого ефекту можна очікувати від використання позакореневого підживлення мікроелементами. Навіть незначна кількість діючої речовини, яка встигає до висихання розчину закріпитись на поглинальній поверхні листя шляхом обмінної адсорбції, може бути достатня для забезпечення потреб рослини [12].

Що стосується кількості підживлень, то з точки зору рентабельності, якщо мова йде про польові культури, які займають у межах одного господарства сотні або тисячі гектарів, не рекомендується проводити їх понад один-два рази. На малих площах, які не створюють технічних труднощів, можна рекомендувати багаторазові підживлення (у розплідниках, теплицях тощо). В умовах зрошення (способом дощування) кожне поливання можна поєднувати із підживленням, додаючи до поливної води поживні речовини у кінці дощування [12].

Таким чином, вбирання поживних речовин через листя і подальше їхнє засвоєння більшою мірою залежать від рівня кореневого живлення і, навпаки, позакореневе підживлення може справляти прямий або опосередкований вплив на поглинання мінеральних речовин корінням та їхнє подальше використання рослиною. Тому позакореневе живлення потрібно розглядати не тільки як спосіб підвищення рівня мінерального, що, своєю чергою, є доповненням звичайного кореневого, але і як спосіб корегування останнього, адже таким чином можна посилювати його позитивний ефект на величину урожаю та якість продукції [12].

Матеріали і методи досліджень. Дослідні ділянки були закладені

на полях ТОВ «Агроексперт» Харківського району Харківської області (2024 р.) та на дослідному полі «Докучаєвське» Державного біотехнологічного університету Харківського району Харківської області (2025 р.).

Загалом вегетаційний період 2024 р. був жарким і посушливим. Так, середньодобова температура за березень, квітень, травень, червень та липень перевищила норму на 4,2, 3,7, 0,4, 2,1 та 4,6 °C відповідно.

Кількість опадів в березні, квітні, травні, червні та липні була значно меншою від норми на 23,9, 25,5, 21,7, 14,3 та 52,7 мм або на 84, 72, 50, 23 та 74 % відповідно.

Зважаючи на такі показники можна стверджувати що погодні умови 2024 р. були несприятливими для вирощування сільськогосподарських культур.

Веgetаційний період 2025 року також дещо відрізнявся від минулорічного. Початок вегетаційного періоду був дещо прохолоднішим. Середня температура повітря була на 0,5 – 1,0° нижчою за норму та на 2,5 – 3,5° нижчою за минулорічну величину. Максимальна температура повітря в найспекотніші дні підвищувалася до 34 – 39° тепла, поверхня ґрунту нагрівалася до 53 – 64°. Мінімальна температура повітря знижувалася до 8 – 10° тепла, на поверхні ґрунту до 7° - 9° тепла. Середня температура ґрунту на глибині 10 см становила 21 – 24° тепла. Кількість опадів становила 45 – 85% місячної норми. Середина вегетаційного періоду була більш теплою. Середня температура повітря становила 23,1 – 24,9° тепла і була на 1,5 – 3,0° вищою за норму, але на 0,5 – 2,5° нижчою за минулорічну величину. Максимальна температура повітря в найспекотніші дні підвищувалася до 36 – 40° тепла, поверхня ґрунту нагрівалася до 55 – 66°. Мінімальна температура повітря знижувалася до 9 – 12° тепла, на поверхні ґрунту до 8° - 11° тепла. Середня температура ґрунту на глибині 10 см за місяць становила 25 – 29° тепла. Кількість опадів становила 79 – 104 мм, що дорівнює 125 – 175% місячної норми. Кінець вегетаційного періоду характеризувався середньою температура повітря 19,3 – 20,6° тепла, що на 0,5 – 1,0° нижче за норму та на 2,5 – 3,5° нижче за минулорічну величину. Максимальна температура повітря в найспекотніші дні підвищувалася до 32 – 36° тепла, поверхня ґрунту нагрівалася до 53 – 64°. Мінімальна температура повітря знижувалася до 7 – 10° тепла, на поверхні ґрунту до 6 – 9° тепла. Середня температура ґрунту на глибині 10 см за місяць становила 21 – 24° тепла. Кількість опадів становила 49 – 61 мм, або 125 – 155% місячної норми.

Для досліджень були використані біостимулятори росту (добрива) виробництва фірми Пестицид ЕООД (Болгарія). Нижче наводимо перелік і коротку характеристику препаратів, які проходили випробовування.

«Зіновій Тріпл Корн» - містить підвищений уміст цинку, підходить для цинколюбних культур і використання на ґрунтах з низьким умістом цинку.

«Зіновій Тріпл Оіл» - має підвищений уміст бору, підходить для борулюбних культур і використання на ґрунтах з низьким умістом бору.

«Зіновій Тріпл Дабл» - має підвищений уміст молібдену, підходить для молібденлюбних культур і використання на ґрунтах з низьким умістом молібдену.

«Зіновій Тріпл» - має підвищений уміст азоту, фосфору і калію і основні мікроелементи підходить для всіх рослин. Це забезпечує економне використання наявної вологи та дає можливість рослинам долати фізіологічні порушення внаслідок дії несприятливих кліматичних умов – різкого похолодання, «перезимівлі», посухи, граду тощо.

«Зіновій Гранд Гурій» - являє собою екстракт деревної золи і додані макро- і мікроелементи. Більш високий вміст макро- і мікроелементів активізує процес обміну речовин в стресових для рослин ситуаціях.

Дія зазначених біостимуляторів вивчалася нами у 2024 році на рослинах вівса голозерного [13].

Попередники соняшнику: 2024 рік – кукурудза на зерно;

2025 рік – овес голозерний.

Добрива: 2024 та 2025 рік – припосівне внесення 34 кг. д.р. азоту (100 кг NH_4NO_3);

Культура – 2024 рік соняшник товарний гібрид MAS 920 CP

2025 рік соняшник товарний гібрид MAS 85

Перший обробіток препаратами проводили у фазу 5-6 пар листків другий - бутонізація - фаза «зірочки».

Збирання соняшнику з облікових ділянок проводили у фазу повної стиглості (02.10.2025 р.).

У 2024 році дослідні ділянки були закладені на полях ТОВ «Агроексперт» Харківського району Харківської області загальна площа ділянки - 48 га, площа дослідної ділянки - 1 га, площа облікової ділянки 0,64 га.

У 2025 дослідні ділянки були закладені на дослідному полі «Докучаєвське» ДБТУ Харківського району Харківської області році загальна площа ділянки - загальна площа ділянки 600 м², площа облікової ділянки 416 м².

Схема дослідів

I повторність

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	1
II повторність											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	1
III повторність											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	1

Варіанти досліду:

1. Контроль (H₂O без стимуляторів росту)
2. Зіновій Тріпл Корн 2 л/га
3. Зіновій Тріпл Корн 4 л/га
4. Зіновій Тріпл Оіл 2 л/га
5. Зіновій Тріпл Оіл 4 л/га
6. Зіновій Тріпл Дабл 2 л/га
7. Зіновій Тріпл Дабл 4 л/га
8. Зіновій Тріпл 2 л/га
9. Зіновій Тріпл 4 л/га
10. Зіновій Гранд Гурій 2 л/га
11. Зіновій Гранд Гурій 4 л/га

Технологія вирощування соняшника загально прийнята для Харківщини.

Результати досліджень та їх обговорення. Проведені дослідження показали (табл.1), що за одного (2 л/га) позакореневого обробітку гумусовими біостимуляторами спостерігалось збільшення діаметра кошика соняшника по усім варіантам від 0,4 до 2.6 см. Найкращі, статистично достовірні, результати були отримані по варіантам Зіновій Тріпл Оіл (+2,6 см порівняно з контролем) та Зіновій Гранд Гурій (+2,4 см порівняно з контролем).

Також статистично достовірне зростання діаметра кошика спостерігалось у варіантах Зіновій Тріпл Корн (+1,9 см порівняно з контролем) та Зіновій Тріпл Дабл (+0,9 см порівняно з контролем).

Повторний позакореневий обробіток біостимуляторами (2 л/га) також сприяв більш інтенсивному росту кошика соняшника (табл.1) по всім варіантам від 1,0 до 3 см. Найкращі, статистично достовірні, результати були отримані по варіантам Зіновій Тріпл Корн (+3,0 см порівняно з контролем), Зіновій Тріпл Оіл (+2,3 см порівняно з контролем) та Зіновій Гранд Гурій (+2,2 см порівняно з контролем).

Також статистично достовірне збільшення діаметра кошика спостерігалось по варіантам Зіновій Тріпл Дабл (+1,2 см порівняно з контролем) та Зіновій Тріпл (+1,0 см порівняно з контролем).

**1. Середній діаметр кошиків соняшнику
(товарний гібрид MAS 920 CP), 2024 р., см**

№ варіанта	Варіант досліджу	Діаметр кошика, см	
		після одного обробітку 2 л/га	після двох обробітків 4 л/га
1	КОНТРОЛЬ	11,7	11,7
2	Зіновій Тріпл Корн	13,6	14,7
3	Зіновій Тріпл Оіл	14,3	14,0
4	Зіновій Тріпл Дабл	12,6	12,9
5	Зіновій Тріпл	12,1	12,7
6	Зіновій Гранд Гурій	14,1	13,9

НІР₀₅

1,16

Визначення діаметру кошиків соняшника (табл. 2) показало, що всі без виключення досліджувані біостимулятори мають позитивний вплив на розміри кошика соняшника. Так, за дози біостимулятора 2 л/га найбільший середній розмір кошиків (табл. 2) 13,9 см (+1,9 см більше ніж на контролі) встановлено у варіанті Зіновій Тріпл Дабл. Дещо менший діаметр кошика за цієї дози формується у варіантах Зіновій Тріпл (13,6 см), Зіновій Тріпл Оіл (13,5 см), Зіновій Гранд Гурій (13,5 см), Зіновій Тріпл Корн (13,4 см). Тобто у всіх досліджуваних варіантах встановлено достовірне зростання діаметра кошика.

За дворазового обробітку соняшника (2+2 л/га) досліджуваними біостимуляторами найкращі результати отримані у варіанті Зіновій Тріпл – 14,3 см, що на 2,3 см (12,5%) більше ніж на варіанті Контроль (12,0 см). Також досить суттєве зростання діаметра кошика встановлено у варіанті Зіновій Гранд Гурій (13,9 см). Кошики соняшника варіанти досліджень Зіновій Тріпл Корн, Зіновій Тріпл Оіл, Зіновій Тріпл Дабл мають дещо менші розміри (13,4 см; 13,4 см; 13,3 см відповідно).

**2. Середній діаметр кошиків соняшника
(товарний гібрид MAS 85), 2025 р., см**

№ варіанта	Варіант досліджу	Діаметр кошика, см	
		після одного обробітку 2 л/га	після двох обробітків 4 л/га
1	КОНТРОЛЬ	12,0	12,0

2	Зіновій Тріпл Корн	13,4	13,4
3	Зіновій Тріпл Оіл	13,4	13,9
4	Зіновій Тріпл Дабл	13,9	13,3
5	Зіновій Тріпл	13,6	14,3
6	Зіновій Гранд Гурій	13,5	13,9

НІР₀₅

1,22

Таким чином, проведені дослідження показали, що позакореневе використання гумусових біостимуляторів, як за одноразового (2 л/га), так і за дворазового (2+2 л/га) обробітку, на культурі соняшнику (товарний гібрид MAS 920 CP) в умовах посушливого клімату 2024 року призвело до зниження температурного стресу рослини і сприяло деякому зростанню розмірів кошиків соняшника. У більш вологих умовах 2025 року теж відмічений позитивний ефект від позакореневого використання гумусових біостимуляторів у дозі 2 л/га на розвиток кошиків соняшнику (товарний гібрид MAS 85), але на відміну від 2024 року за їх дворазового використання (2+2 л/га) не встановлено суттєвого зростання діаметру кошиків.

Вивчення впливу позакореневого використання гумусових біостимуляторів росту на урожайність соняшнику (товарний гібрид MAS 920 CP) у 2024 році (табл. 3) показало позитивний вплив по всіх досліджуваних варіантах. За однократного їх використання біостимуляторів в дозі 2 л/га найкращі результати отримані по варіантам Зіновій Тріпл Оіл (прибавка 0,45 т/га відносно контролю) та Зіновій Гранд Гурій (прибавка 0,42 т/га відносно контролю). По решті варіантів прибавка коливалася від 0,10 т/га (Зіновій Тріпл) до 0,34 т/га (Зіновій Тріпл Корн). За двох кратного (2+2 л/га) обробітку соняшнику досліджуваними препаратами найвища прибавка врожаю спостерігалася у варіанті Зіновій Тріпл Корн (прибавка 0,51 т/га відносно контролю), Зіновій Тріпл Оіл (прибавка 0,49 т/га відносно контролю) та Зіновій Гранд Гурій (прибавка 0,39 т/га відносно контролю).

3. Вплив гумусових біостимуляторів на біологічну урожайність соняшнику (товарний гібрид MAS 920 CP) 2024 р., т/га

№ п/п	Варіант досліджу	Доза, л/га	Урожайність насіння, т/га				Прибавка відносно контролю	
			1	2	3	середнє	т/га	%
1	КОНТРОЛЬ	0	1,95	1,90	2,03	1,96	-	-
3	Зіновій	2	2,29	2,36	2,25	2,30	+0,34	17,3

	Тріпл Корн	4	2,48	2,42	2,51	2,47	+0,51	26,0
4	Зіновій Тріпл Оіл	2	2,42	2,46	2,36	2,41	+0,45	22,9
		4	2,46	2,38	2,50	2,45	+0,49	25,0
5	Зіновій Тріпл Дабл	2	2,15	2,02	2,21	2,13	+0,17	8,7
		4	2,18	2,15	2,25	2,19	+0,23	11,7
7	Зіновій Тріпл	2	2,04	1,90	2,23	2,06	+0,10	5,1
		4	2,16	2,28	2,05	2,16	+0,20	10,2
8	Зіновій Гранд Гурій	2	2,38	2,47	2,28	2,38	+0,42	21,4
		4	2,35	2,26	2,41	2,34	+0,38	19,4

$$H_{P05} = 0,026$$

Аналізуючи дані прибавки врожаю соняшнику (товарний гібрид MAS 920 CP) (2024 р.) залежно від дози біостимуляторів (кратності обробітку), слід зазначити, повторний обробіток гумусовим біостимулятором Зіновій Тріпл Оіл дає прибавку врожаю всього 0,04 т/га, тобто в межах похибки досліду. Враховуючи затрати на препарат, витрати на внесення виникає питання щодо доцільності його повторного застосування. Аналогічна тенденція спостерігається і по варіантам Зіновій Тріпл Дабл, Зіновій Тріпл, Зіновій Гранд Гурій. Єдиним препаратом, який дає достовірну прибавку урожаю в наслідок повторного обробітку є гумусовий біостимулятор Зіновій Тріпл Корн, де різниця між одноразовим і дворазовим застосуванням складає 0,17 т/га.

Визначення біологічної урожайності соняшника (товарний гібрид MAS 85) показало (табл. 4), що у 2025 році всі досліджувані біостимулятори росту і розвитку рослин мають позитивний вплив на урожайність соняшника. Так, за дози гумусових біостимуляторів 2 л/га найвища урожайність соняшника установлена у варіанті Зіновій Тріпл Оіл, яка склала 2,78 т/га, що на 0,59 т/га вище ніж на контролі. Дещо нижча урожайність соняшника за цієї дози спостерігається у варіантах Зіновій Гранд Гурій та Зіновій Тріпл Дабл де вона складає відповідно 2,65 т/га та 2,61 т/га, що порівняно з контролем вище на 0,46 і 0,42 т/га. У варіантах Зіновій Тріпл та Зіновій Тріпл Корн також установлена достовірна прибавка урожаю порівняно з контролем, яка складає відповідно 0,36 та 0,31 т/га.

4. Вплив гумусових біостимуляторів на біологічну урожайність соняшнику (товарний гібрид MAS 85), 2025 р., т/га

Варіант	Доза, л/га	Повторність			Середнє	± до контролю
		1	2	3		
Контроль	0	2,17	2,21	2,18	2,19	-
Зіновій Тріпл Корн	2	2,51	2,43	2,55	2,50	+0,31
	4	2,61	2,59	2,57	2,59	+0,40

Зіновій Тріпл Оіл	2	2,74	2,78	2,81	2,78	+0,59
	4	2,77	2,80	2,79	2,79	+0,60
Зіновій Тріпл Дабл	2	2,66	2,60	2,58	2,61	+0,42
	4	2,59	2,63	2,67	2,63	+0,44
Зіновій Тріпл	2	2,55	2,52	2,59	2,55	+0,36
	4	2,54	2,58	2,60	2,57	+0,38
Зіновій Гранд Гурій	2	2,62	2,64	2,69	2,65	+0,46
	4	2,72	2,69	2,76	2,72	+0,53
НІР ₀₅					0,16	

Дворазовий обробіток рослин соняшника біостимуляторів не показав достовірної прибавки урожаю (табл.4). Тут можливо лише констатувати тенденцію до зростання біологічної урожайності, так як різниця між однократним (2 л/га) та двократним обробітком (2+2 л/га) знаходиться в межах НІР₀₅ (0,16).

Таким чином, вивчення впливу позакореневого використання досліджуваних біостимуляторів виробництва фірми Пестицид ЕООД (Болгарія) на урожайність соняшника товарний гібрид MAS 920 CP в посушливих кліматичних умовах 2024 року показало доцільність одноразового їх застосування в дозі 2 л/га. Аналогічна залежність встановлена і для більш вологих умов 2025 року для соняшника товарний гібрид MAS 85.

Висновки. Посушливі та спекотні умови вегетаційного періоду 2024-2025 років не сприяли розкриттю потенційних можливостей товарних гібридів MAS 920 CP (2024 рік) та MAS 85 (2025 рік).

Застосування гумусових біостимуляторів росту і розвитку рослин виробництва фірми Пестицид ЕООД (Болгарія) сприяло кращому розвитку рослин соняшнику, формування кошиків більшого діаметру, і як наслідок, росту біологічної продуктивності.

Визначення діаметру кошиків соняшника показало, що всі без виключення досліджувані біостимулятори мають позитивний вплив на розміри кошика соняшника. За дози біостимулятора 2 л/га найбільший середній розмір кошиків встановлено у варіанті Зіновій Тріпл Дабл. По решті досліджуваних біостимуляторах також встановлено достовірне зростання діаметра кошика. За дворазового обробітку соняшника (2+2 л/га) досліджуваними біостимуляторами найкращі результати отримані у варіанті Зіновій Тріпл. Також досить суттєве зростання діаметра кошика встановлено у варіанті Зіновій Гранд Гурій.

Визначення біологічної продуктивності показало, що всі досліджувані біостимулятори росту і розвитку рослин мають позитивний вплив на урожайність соняшника. За дози гумусових біостимуляторів 2 л/га найвища урожайність соняшника встановлена у варіанті Зіновій Тріпл Оіл. Дворазовий обробіток рослин соняшника

біостимуляторів не показав достовірної прибавки урожаю.

Підсумовуючи результати дворічних досліджень впливу гумусових біостимуляторів виробництва фірми Пестицид ЕООД на ріст і розвиток соняшника можливо прийти до висновку, що дані препарати слід розглядати не лише як джерело макро- і мікроелементів для рослин, а й як антистресант в посушливих умовах клімату Східного Лісостепу України. Продовження даних досліджень дасть можливість розробити методи і засоби протидії глобальним змінам клімату.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Власова О. Гумінові добрива та їх користь для рослини [Електронний ресурс] <https://www.stimorganic.com.ua/news/guminovi-dobryva-ta-ih-korist-dla-roslini>
2. Шевченко М. В. , Мозговий Р. С. , Зубковський О. А. , Доля С. М. Ефективність позакореневого підживлення соняшнику/ Агроном. 25.06.2021. [Електронний ресурс] <https://www.agronom.com.ua/efektyvnist-pozakoreneвого-pidzhivlennya-sonyashnyku/>
3. Коваленко О.А., Паламарчук В.Д., Корхова М.М., Нерода Р.С., Вплив позакореневих підживлень на продуктивність соняшнику в умовах південного степу України/ Сільське господарство та лісівництво. №25. 2022. С.33-47. DOI: 10.37128/2707-5826-2022-2-4 [Електронний ресурс] <http://forestry.vsau.org/storage/articles/October2022/zbyOpBTKu2qoNnoL2s73.pdf>
4. Курач О.В., Лукашук Л.Я., Першута В.В. Вплив доз мінерального удобрення та стимуляторів росту на продуктивність гібридів соняшнику /Вісник аграрної науки. Т.101 № 8 (845) (2023). С. 12-19 DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202308-02>
5. Кудріна В. С. Формування продуктивності соняшнику залежно від елементів технології вирощування в умовах Південного Степу України. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису. Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата сільськогосподарських наук за спеціальністю 06.01.09 – рослинництво. – Миколаївський національний аграрний університет Міністерства освіти і науки України, Миколаїв, 2021. [Електронний ресурс] https://www.mnau.edu.ua/files/spec_vchen_rad/k_38_806_03/disertaciya-kudrinoyi-vs.pdf
6. Добровольський А.В. Ефективність сучасних рістрегулюючих препаратів за біологізації технології вирощування соняшнику в південному Степу Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата сільськогосподарських наук по спеціальності 06.01.09 – рослинництво. - ДВНЗ «Херсонський державний аграрний

університет», Херсон, 2019. [Електронний ресурс] https://www.ksau.kherson.ua/files/avtoreferaty_dysertaciyi/%D0%94%D0%B8%D1%81%D0%B5%D1%80%D1%82%D0%B0%D1%86%D1%96%D1%8F%20%D0%94%D0%BE%D0%B1%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%BB%D1%8C%D1%81%D1%8C%D0%BA%D0%B8%D0%B9%20%D0%90.%D0%92..pdf

7. Використання гумата калію для підвищення врожайності соняшника. [Електронний ресурс] <https://galicina.com.ua/vykorystannya-humat-kaliyu-dlya-sonyashnyka/>

8. Калинов О.О. Формування продуктивності соняшника за впливу бактеріальних, мікоризоутворюючих препаратів та стимуляторів росту в умовах східного Лісостепу України. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису. Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії з агрономії. Державний біотехнологічний університет, Міністерство освіти і науки України, Харків, 2025. [Електронний ресурс] <https://biotechuniv.edu.ua/wp-content/uploads/2025/04/kalynov-dysert.pdf>

9. Глупак З.І. Шаповал В.М. Вплив регуляторів росту на формування врожайності соняшнику в умовах північно-східної частини лісостепу України/ Таврійський науковий вісник. № 134. С.30-36. DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2023.134.5>

10. Лемішко С.М., Черних С.А. Ефективність дії рістрегулюючих речовин і мікродобрив на процеси формування продуктивності соняшнику в умовах північного степу України /Аграрні інновації. №17 (2023). <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.17.12>

11. Тоцький, В. М., Гангур, В. В., & Поляков, І. А. (2024). Урожайність та якість насіння гібридів соняшнику (*Helianthus annuus* L.) залежно від системи удобрення. Scientific Progress & Innovations, 27(3), 5–11. <https://doi.org/10.31210/spi2024.27.03.01>

12. Скрильник Є. Гумати: позакореневе підживлення доцільне. Пропозиція, 15.08.2016 [Електронний ресурс] <https://propozitsiya.com/articles/ahrokhimiya-dobryva/humaty-pozakoreneve-pidzhyvlennya-dotsilne>

13. Щербаков О.Ю., Дегтярьов В.В., Крохін С.В., Литвинов В.А., Vesselin Koutev. Продуктивність вівса голозерного (*Avena sativa* L. subsp. *nudisativa*) за позакореневого використання гумусових стимуляторів росту в посушливих умовах Харківщини у 2024 році. Рослинництво, селекція і насінництво, плодощівництво : журнал / [Редкол. : А. О. Рожков (головний ред.) та ін.]. – Харків : ДБТУ, 2024. – Вип. 2024-2. – С.108-126 <https://biotechuniv.edu.ua/nauka/naukovi-zhurnaly/zhurnal-roslynnytstvo-selektsiya-i-nasinnytstvo-plodoovochivnytstvo/>

Shcherbakov O.Y., PhD student

Degtyarev V.V., Doctor of Agricultural Sciences Doctor of Physical Sciences, Professor
State Biotechnological University (Kharkiv, Ukraine)

Anti-stress effect of humic biostimulants on sunflower (*helianthus l.*) yield under global climate change conditions

Introduction. Humic substances affect plants directly or indirectly. The indirect effect is associated with improving the water-physical properties of the soil, activating microflora, influencing the migration of nutrients, and binding toxic agents (pesticides, heavy metals). Humic substances have a direct comprehensive effect on plant growth processes, i.e., they regulate them. The effect of humic fertilizers on plants is complex and multi-stage, covering the entire vegetation period. With humic substances, a certain amount of nutrients enters the plant — nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, sulfur, and other microelements, as well as amino acids, vitamins, and growth substances.

In addition, humates improve the plant's uptake of sugars, amino acids, vitamins, and hormones from the soil. They accelerate water uptake and oxygen absorption by plants, which ultimately intensifies plant respiration. As a result of enhanced respiration, cell division, photosynthesis, protein synthesis, and the growth of the root system and above-ground mass are accelerated, the yield of dry matter increases, and, consequently, the overall vitality of plants improves.

All this ultimately leads to enhanced growth, increased plant productivity, and improved product quality. Humates act as organic fertilizers and plant growth regulators.

Analysis of recent studies and publications. In modern farming systems, there is a certain instability in the effectiveness of basic fertilization, which is a consequence of unbalanced prices for agricultural products and chemical industry products, the use of mainly minimal tillage systems, and the almost complete absence of a stable structure of cultivated areas. A partial solution to the problem of insufficient supply of nutrients to plants is the use of foliar feeding, which, according to many researchers, is effective in the cultivation of most crops [2].

Foliar feeding is particularly effective in unfavorable weather conditions and other factors that reduce the availability of nutrients from the soil: humidity and temperature indicators, soil pH, etc. In this case, foliar feeding stimulates the absorption of nutrients from the soil. Foliar feeding increases the intensity of chlorophyll synthesis in the leaves, contributing to their rich green color, which in turn stimulates root growth, sugar secretion, and the growth of microorganisms that provide the synthesis of auxins and other root-stimulating substances. With the increase in cellular gas exchange, the amount of moisture absorbed by the roots increases, and thus the process of absorbing nutrients from the soil solution is activated. In most cases, foliar feeding will be more effective if it is carried out several times – at the beginning and during the growing season of crops.

A study of the effect of different timing of foliar feeding [2] on some biometric indicators of plants and sunflower seed yield showed that even a single application of foliar feeding stimulates the growth and development of sunflower plants.

Feeding sunflowers with potassium humate is a useful tool for improving the growing conditions of this important agricultural crop and increasing its yield.

Potassium humate for sunflowers is an effective organic-mineral fertilizer, the use of which contributes to improving the overall health of the plant and increasing its yield. Its advantages also include: stimulation of root system growth, improvement of soil structure and water retention capacity, activation of nutrient exchange, strengthening of the immune system, and stress resistance.

The absorption of nutrients through the leaves and their subsequent assimilation depend largely on the level of root nutrition and, conversely, foliar feeding can have a direct or indirect effect on the absorption of minerals by the roots and their subsequent use by the plant. Therefore, foliar feeding should be considered not only as a way to increase the level of minerals, which, in turn, is a supplement to the usual root feeding, but also as a way to correct the latter, since this way it is possible to enhance its positive effect on the yield and quality of products [12].

Materials and methods. The experimental plots were established on the fields of Agroexpert LLC in the Kharkiv district of the Kharkiv region (2024) and on the Dokuchaevske experimental field of the State Biotechnological University in the Kharkiv district of the Kharkiv region (2025).

Growth biostimulants (fertilizers) manufactured by Pesticide EOOD (Bulgaria) were used for the research. Below is a list and brief description of the products that were tested.

Sunflower predecessors: 2024 – grain corn;
2025 – naked oats.

Fertilizers: 2024 and 2025 – top dressing with 34 kg of nitrogen (100 kg NH_4NO_3);

Culture – 2024 sunflower commercial hybrid MAS 920 CP

2025 sunflower commercial hybrid MAS 85

Research results and discussion. Studies have shown that foliar application of humic biostimulants, both as a single treatment (2 l/ha) and as two treatments (2+2 l/ha), on sunflower crops (commercial hybrid MAS 920 CP) in the arid climate of 2024, led to a reduction in plant temperature stress and contributed to some growth in the size of sunflower baskets. In the more humid conditions of 2025, a positive effect was also noted from the foliar application of humic biostimulants at a dose of 2 l/ha on the development of sunflower heads (commercial hybrid MAS 85), but unlike in 2024, no significant increase in the diameter of the baskets was observed when they were used twice (2+2 l/ha).

A study of the effect of foliar application of the tested biostimulants produced by Pesticide EOOD (Bulgaria) on the yield of the commercial sunflower hybrid MAS 920 CP in the arid climatic conditions of 2024 showed the feasibility of a single application at a dose of 2 l/ha. A similar dependence was established for the more humid conditions of 2025 for the commercial sunflower hybrid MAS 85.

Conclusions. Summarizing the results of two years of research on the effect of humic biostimulants produced by Pesticide EOOD on the growth and development of sunflowers, it can be concluded that these preparations should be considered not only as a source of macro- and microelements for plants, but also as an anti-stress agent in the arid climate of the Eastern Forest-Steppe of Ukraine. Continuing this research will make it possible to develop methods and means of counteracting global climate change.

Keywords: humus biostimulants of growth, sunflower, biological yield

АГРОХІМІЯ

УДК 504:631.4:631.95

DOI 10.5281/zenodo.18537805

Т.А. Романова, канд. с.-г. наук, доцент

М.С. Пономарьова, канд. екон. наук, доцент

О.В. Романов, канд. с.-г. наук, доцент

Державний біотехнологічний університет, Харків, Україна

ГАРМОНІЗАЦІЯ НАЦІОНАЛЬНИХ СТАНДАРТІВ АГРОХІМІЧНОГО АНАЛІЗУ ҐРУНТІВ З ВИМОГАМИ ЄС

Гармонізація українських стандартів агрохімічного аналізу ґрунтів з вимогами Європейського Союзу є критичною передумовою для успішної європейської інтеграції України та модернізації сільськогосподарського сектору. Станом на 2025 рік українські практики аналізу ґрунтів характеризуються фрагментарністю, відсутністю комплексної національної інтегрованої системи та покладанням на змішані стандарти ДСТУ/ГОСТ замість кодифікованих національних норм, що різко контрастує з новою Директивою Європейського Союзу про моніторинг та стійкість ґрунтів, яка набирає чинності в грудні 2025 року.

Мета. Комплексний аналіз технічних, нормативних та інституційних розбіжностей між українськими та європейськими стандартами агрохімічного аналізу ґрунтів, визначення конкретних методологічних прогалин та розробка практичного покрокового плану гармонізації, який враховує специфіку українських типів ґрунтів, фінансові обмеження та вимоги європейського регуляторного середовища.

Методи. Порівняльний аналіз української нормативно-правової бази та регуляторних вимог Європейського Союзу, систематичний огляд методологічних відмінностей в аналітичних протоколах, оцінка інфраструктурних потреб українських лабораторій та аналіз міжнародного досвіду акредитації. Метод експертної оцінки застосовано для визначення пріоритетних напрямків гармонізації та розрахунку фінансових витрат на модернізацію лабораторної інфраструктури.

Результати. Виявлено критичні методологічні розбіжності у п'яти ключових напрямках аналізу ґрунтів. Вимірювання рівня кислотності характеризується використанням різних електролітичних розчинів та протоколів калібрування між українськими лабораторіями та європейськими стандартами, що призводить до систематичних відхилень у показниках та ускладнює інтерпретацію доступності поживних речовин. Визначення органічної речовини в українській практиці базується на модифікованих радянських методах з обмеженою стандартизацією, тоді як європейські лабораторії застосовують методи втрати при прожарюванні або Walkley-Black, що створює непорівнянність даних про запаси вуглецю в ґрунті. Аналіз важких металів демонструє відсутність в українських стандартах комплексних рамок для нових забруднюючих речовин, включаючи перфторалкільні та поліфторалкільні речовини та сучасні пестициди, що конкретно вимагаються новою Директивою про моніторинг ґрунтів. Протоколи відбору проб в Україні не мають стандартизації щільності сітки, процедур глибини та стратегій комбінованого відбору, необхідних для забезпечення порівнянності даних між державами-членами Європейського Союзу. Системи забезпечення якості українських лабораторій

потребують узгодження з вимогами акредитації за міжнародним стандартом 17025:2017 та регулярними програмами перевірки кваліфікації, визнаними на європейському рівні. Встановлено, що типова регіональна лабораторія потребує інвестицій 500 000–800 000 євро для модернізації аналітичного обладнання, включаючи системи індуктивно-зв'язаної плазми з оптичною емісійною спектросметрією вартістю 150 000–300 000 євро, рН-метри зі стандартизованими системами електродів за 5 000–15 000 євро та обладнання для аналізу органічних речовин вартістю 20 000–50 000 євро. Національне впровадження вимагає загальних інвестицій 50–80 мільйонів євро протягом трьох-п'яти років. Розроблено п'ятиетапний план впровадження з часовими рамками 48–72 місяці, який охоплює законодавчі реформи з оновленням стандартів та критеріїв акредитації протягом перших 12–18 місяців, модернізацію інфраструктури протягом 12–48 місяців, підготовку персоналу через обмінні програми з європейськими лабораторіями протягом 18–60 місяців, валідацію методів через міжлабораторні дослідження протягом 24–60 місяців та повну інтеграцію з визнанням на європейському рівні. Встановлено необхідність створення Національного координаційного комітету з моніторингу ґрунтів для міжвідомчої координації, розробки національної стратегії моніторингу та забезпечення міжнародного фінансування через програми технічної допомоги.

Висновки. Успішна гармонізація стандартів аналізу ґрунтів забезпечить українському сільському господарству покращений доступ до єдиного ринку Європейського Союзу через усунення технічних бар'єрів для торгівлі, підвищить довіру до української продукції на міжнародних ринках через демонстрацію відповідності золотому стандарту забезпечення якості, зміцнить позиції на ринках квот на викиди вуглецю через надання надійних верифікованих даних про поглинання органічного вуглецю ґрунтом та сприятиме впровадженню сталих методів управління ґрунтами на основі точних даних про стан ґрунтів.

Практична цінність. Дослідження надає конкретний план дій для державних органів, наукових установ та сільськогосподарських лабораторій з детальними розрахунками витрат, часовими рамками впровадження та пріоритетними напрямками модернізації, що дозволяє ефективно планувати інвестиції та координувати зусилля на національному рівні для досягнення повної відповідності вимогам Європейського Союзу.

Ключові слова: гармонізація стандартів ґрунтів, агрохімічний аналіз, моніторинг ґрунтів, акредитація лабораторій, європейська інтеграція, управління якістю.

Ефективна інтеграція України до європейського економічного простору неможлива без приведення національних стандартів агрохімічного аналізу ґрунтів у відповідність до вимог Європейського Союзу. Проблема гармонізації аналітичних методів та систем моніторингу набуває критичного значення в контексті розширення доступу української сільськогосподарської продукції до ринків ЄС, де дотримання гармонізованих стандартів якості та безпеки стає обов'язковою передумовою торгівлі. Вітчизняні дослідження останніх років демонструють необхідність переходу від фрагментарних локалізованих досліджень до комплексної національної системи

моніторингу, що відповідає новій Директиві ЄС про моніторинг та стійкість ґрунтів, яка набирає чинності в грудні 2025 року.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання удосконалення нормативно-правової бази щодо регулювання безпечності та якості добрив в Україні досліджувала група вчених на чолі з Мірошниченко М. [1], які виявили прогалини у чинній нормативній базі та визначили перспективні напрями гармонізації вітчизняних стандартів з технічним законодавством ЄС. Екологічні аспекти охорони ґрунтів у європейській практиці проаналізували Бондар О. та ін. [2], обґрунтувавши роль Спільної сільськогосподарської політики та Європейського центру даних про ґрунти у забезпеченні сталого землекористування.

Комплексний моніторинг ґрунтів є предметом активних досліджень українських науковців. Ласло О. та ін. [3] здійснили еколого-агрохімічну оцінку ґрунтів Полтавської області, встановивши підвищене забезпечення гумусом, низьке забезпечення азотом та високе забезпечення фосфором і калієм. Романчук Л. та ін. [4] дослідили динаміку агрохімічних показників ґрунтів Хорошівського району Житомирської області за період 2001–2021 років, виявивши тенденцію до погіршення параметрів родючості: зниження вмісту азоту на 18,3 відсотка, фосфору на 20 відсотків та калію на 21,4 відсотка.

Регіональні особливості агрохімічного стану ґрунтів досліджувала група науковців на чолі з Войтковим П. [5], застосувавши геоінформаційні технології для аналізу темно-сірих опідзолених оглеєних ґрунтів Вінницького району. Шкурченко Ю. та Котик З. [6] обґрунтували важливість агрохімічних вишукувань при розробленні проєктів з поліпшення родючості ґрунтів. Ретроспективний аналіз змін родючості ґрунтів зони Степу України здійснив Бреус Д. [7], використовуючи дані одинадцятого туру агрохімічної паспортизації з 296 стаціонарів. Хімічний склад та фізико-хімічні властивості ґрунтів як індикатори родючості та забруднення розглянули Шейко В. та ін. [8], наголосивши на актуальності проблеми забруднення важкими металами.

Особливості агрохімічного складу ґрунтів Західного Полісся проаналізував Лисиця А. [9], визначивши динаміку вмісту основних хімічних елементів протягом трьох десятиліть. Господаренко Г. та ін. [10] встановили агрохімічні властивості чорнозему опідзоленого за тривалого застосування мінеральних добрив, виявивши підвищення кислотності ґрунту. Еколого-агрохімічну оцінку придатності ґрунтів для органічного виробництва провели Гловин Н. та Павлів О. [11]. Порівняльний аналіз використання добрив країнами ЄС та України здійснили Омелич І. та Непошивайленко Н. [12], відзначивши зростання площ органічного землеробства.

Незважаючи на значний обсяг досліджень щодо агрохімічного стану ґрунтів в Україні, залишаються недостатньо вивченими питання технічної та нормативної гармонізації українських стандартів агрохімічного аналізу з вимогами Європейського Союзу. Відсутній комплексний аналіз методологічних розбіжностей між українськими та європейськими аналітичними протоколами, не розроблено практичних рекомендацій щодо модернізації лабораторної інфраструктури та не визначено фінансових і часових параметрів процесу гармонізації.

Методика досліджень. Дослідження гармонізації національних стандартів агрохімічного аналізу ґрунтів з вимогами Європейського Союзу здійснювалося за допомогою комплексу взаємопов'язаних методів, що забезпечили системний аналіз нормативно-правових, технічних та інституційних аспектів проблеми.

Порівняльно-правовий аналіз застосовувався для детального вивчення української нормативно-правової бази та регуляторних вимог Європейського Союзу. Аналізувалися національні стандарти ДСТУ та успадковані методи ГОСТ, нова Директива ЄС про моніторинг та стійкість ґрунтів (2025), вимоги акредитації ISO/IEC 17025:2017, положення Спільної сільськогосподарської політики та Директива про нітрати (91/676/EEC). Метод дозволив виявити розбіжності у законодавчих формулюваннях, технічних специфікаціях та процедурах імплементації, ідентифікувати критичні прогалини у вітчизняному правовому полі щодо комплексних рамок для нових забруднюючих речовин та вимог до систем моніторингу.

Систематичний огляд методологічних відмінностей проводився шляхом детального порівняння аналітичних протоколів за п'ятьма ключовими напрямками агрохімічного аналізу ґрунтів. Для вимірювання рівня кислотності зіставлялися електролітні розчини, протоколи калібрування та процедури потенціометричного вимірювання між українськими методами та підходом ЄС (pH у воді або CaCl_2 за ISO/EN). При дослідженні методів визначення органічної речовини порівнювалися модифіковані радянські методи з європейськими процедурами втрати при прожарюванні та методом Walkley-Black, включаючи коефіцієнти розрахунку вмісту органічного вуглецю. Аналіз поживних речовин охоплював зіставлення методів екстракції (амоній-ацетат, слабкі кислоти, бікарбонат) та детекції (колориметрія, полум'яна фотометрія, атомно-абсорбційна спектрометрія) для азоту, фосфору та калію. Особлива увага приділялася протоколам тестування важких металів та нових забруднюючих речовин (PFAS, сучасні пестициди), де виявлено відсутність комплексних рамок у українських стандартах.

Оцінка інфраструктурних потреб українських лабораторій базувалася на комплексному аналізі технічного оснащення 18 регіональних агрохімічних лабораторій, які здійснюють аналіз понад

1000 зразків ґрунтів у різних природно-кліматичних зонах України. Визначалися вимоги до модернізації аналітичного обладнання, включаючи системи індуктивно-зв'язаної плазми з оптичною емісійною спектросметрією для аналізу важких металів, рН-метри зі стандартизованими системами електродів та сертифікованими буферними розчинами, обладнання для визначення органічних речовин методами, сумісними з вимогами ЄС. Оцінювалися також потреби в сертифікованих еталонних матеріалах, системах контрольованого зберігання зразків та модернізованих системах управління даними для створення геореферентних звітів.

Аналіз міжнародного досвіду акредитації здійснювався через вивчення практики впровадження стандартів ISO/IEC 17025:2017 у державах-членах ЄС, включаючи системи забезпечення якості, програми перевірки кваліфікації за стандартами ISO/IEC 17043:2023 та механізми міжлабораторних порівнянь. Досліджувався досвід країн Центральної та Східної Європи щодо гармонізації національних стандартів аналізу ґрунтів з вимогами ЄС, визначалися часові рамки та фінансові витрати на модернізацію лабораторної інфраструктури.

Метод експертної оцінки використовувався для визначення пріоритетних напрямків гармонізації та розрахунку фінансових витрат на модернізацію лабораторної інфраструктури. До експертного оцінювання залучалися провідні фахівці Національного наукового центру «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського», представники Національного агентства з акредитації України, міжнародні експерти з акредитації лабораторій та фахівці європейських інститутів ґрунтознавства. Експертна група оцінювала технічну складність впровадження окремих методів, визначала послідовність етапів модернізації та розраховувала орієнтовну вартість обладнання, навчання персоналу та організації програм перевірки кваліфікації. На основі експертних оцінок розроблено п'ятиетапний план впровадження з часовими рамками 48-72 місяці та загальним обсягом інвестицій 50-80 мільйонів євро для національного рівня.

Результати та обговорення. Гармонізація українських стандартів агрохімічного аналізу ґрунтів з вимогами Європейського Союзу є важливою складовою більш широкого процесу європейської інтеграції України та зусиль з модернізації сільського господарства. Станом на 2025 рік, українські практики аналізу ґрунтів зосереджуються переважно на оцінці органічного вуглецю в ґрунті та управлінні поживними речовинами за допомогою локалізованих агрохімічних досліджень, в рамках яких спеціалізовані лабораторії аналізують понад 1000 зразків у 18 регіонах. Однак ці практики не мають комплексної національної інтегрованої системи і значною мірою покладаються на міжнародні стандарти, а не на кодифіковані національні норми. Такий

фрагментарний підхід різко контрастує з еволюційним регуляторним середовищем ЄС, яке зазнає фундаментальних змін завдяки новій Директиві про моніторинг та стійкість ґрунтів, яка набирає чинності 16 грудня 2025 року [13,14].

Нормативно-правова база Європейського Союзу щодо аналізу ґрунтів базується на кількох ключових директивах та регламентах, які встановлюють комплексні стандарти для сільського господарства та охорони навколишнього середовища. Нещодавно прийнятий Закон про моніторинг ґрунтів є першим спеціальним законодавчим актом Союзу, який вимагає від усіх держав-членів створити гармонізовані системи моніторингу, відбору проб та аналізу ґрунтів на сільськогосподарських, лісових та міських землях для оцінки фізичного, хімічного та біологічного стану ґрунтів. Ця директива доповнює існуюче законодавство ЄС у сфері охорони навколишнього середовища та сільського господарства, включаючи Спільну сільськогосподарську політику (САР) та Директиву про нітрати (91/676/ЕЕС), які вимагають точного балансу поживних речовин у ґрунті, інтегрованого управління поживними речовинами та сталого сільського господарства. Ця система має на меті забезпечити здоров'я та стійкість усіх ґрунтів ЄС до 2050 року за допомогою загальних дескрипторів ґрунтів, класів здоров'я та регулярної звітності перед Європейським агентством з охорони навколишнього середовища через новий портал даних про здоров'я ґрунтів [15, 16].

У контексті цих нормативних вимог гармонізація стандартів аналізу ґрунтів має вирішальне значення з багатьох взаємопов'язаних причин, які виходять за межі технічної відповідності і охоплюють конкурентоспроможність сільськогосподарської торгівлі, захист навколишнього середовища та стратегічні цілі України щодо європейської інтеграції. Для українських сільськогосподарських виробників, особливо в секторах зернових та олійних культур, дотримання гармонізованих стандартів ґрунтів та навколишнього середовища стає основною торговельною вимогою та передумовою для доступу до єдиного ринку ЄС та потенційної інтеграції в рамки Спільної сільськогосподарської політики. Модернізовані угоди про торгівлю сільськогосподарською продукцією прямо пов'язують розширення доступу до ринку ЄС із поступовим приведенням України у відповідність до виробничих та екологічних стандартів ЄС, включаючи моніторинг якості ґрунтів, регулювання використання добрив та пестицидів, а також умови перехресної відповідності, які пов'язують підтримку сільського господарства з дотриманням екологічних норм [17,18].

З точки зору охорони навколишнього середовища, гармонізація вирішує критичні проблеми сталого розвитку, з якими стикається

українське сільське господарство, включаючи виснаження органічного вуглецю в ґрунті, дефіцит поживних речовин, що поглиблюється через порушення, пов'язані з війною, та необхідність застосування регенеративних методів землеробства. Українські стандарти наразі наголошують на підтримці вмісту органічного вуглецю в ґрунті на рівні вище 1,5-2% та сприянні ефективному застосуванню поживних речовин, що відповідає цілям ЄС, але не має систематичних механізмів моніторингу та контролю, які вимагаються директивами ЄС. Процес гармонізації вимагає створення значного лабораторного потенціалу, стандартизованих методик випробувань та систем моніторингу, що часто підтримується планами співпраці та відновлення ЄС, які наголошують на контролі якості, сертифікації та кліматично стійких методах виробництва. [19, 20].

Водночас європейська інтеграція України в галузі сільського господарства все більше залежить від успішної гармонізації стандартів тестування ґрунтів та більш широких правил дотримання екологічних вимог з аспис ЄС у міру просування переговорів щодо розділів сільського господарства, безпеки харчових продуктів та охорони навколишнього середовища. Цей процес приведення у відповідність передбачає адаптацію українських законів та технічних регламентів до вимог ЄС щодо моніторингу якості ґрунтів, систем простежуваності та стандартів охорони навколишнього середовища, що підтримують скоординовані цілі у сфері клімату та біорізноманіття. Отже, успішна гармонізація стандартів аналізу ґрунтів стане як технічною передумовою для доступу до ринку, так і фундаментальним елементом більш широкої трансформації України в напрямку сталого, сумісного з ЄС сільського господарства, яке зможе ефективно конкурувати на європейських ринках, водночас сприяючи досягненню глобальних цілей у сфері охорони навколишнього середовища [21, 22].

Аналізуючи поточний стан справ, основна проблема в гармонізації стандартів аналізу ґрунтів України та ЄС полягає у відсутності єдиної, уніфікованої аналітичної бази з обох боків, що створює складну ситуацію з методологічними відмінностями та технічними прогалинами. Хоча нова Директива ЄС про моніторинг та стійкість ґрунтів встановлює загальні дескриптори ґрунтів та вимоги до моніторингу, вона навмисно зберігає гнучкість, дозволяючи державам-членам обирати детальні аналітичні методи, за умови, що вони забезпечують порівнянність даних та дотримуються загальної методології ЄС. Аналіз ґрунтів в Україні здійснюється за змішаною системою національних стандартів ДСТУ та успадкованих методів ГОСТ/ISO, при цьому лабораторії, такі як НДЦ ІССАР, проводять аналізи відповідно до «діючих стандартизованих та тимчасово затверджених методів», що поєднують українські, радянські та міжнародні підходи. Це створює значні методологічні розбіжності,

які необхідно систематично усувати для досягнення значущої гармонізації [23, 24].

Детальне порівняння методологічних підходів демонструє глибину існуючих розбіжностей між українською та європейською практикою аналізу ґрунтів. Для систематизації цих відмінностей доцільно розглянути порівняльну таблицю основних параметрів, яка наведена нижче.

1. Порівняльна характеристика методів аналізу ґрунтів в Україні та ЄС [25, 26, 27, 28, 29]

Параметр	Українські стандарти	Підхід ЄС	Ключові розбіжності
Вимірювання рН	Методи ДСТУ/ГОСТ, різні протоколи	Потенціометричний рН у воді або CaCl_2 (ISO/EN)	Неузгоджені електролітні розчини та протоколи вимірювання
Органічна речовина	Модифіковані радянські методи, обмежена стандартизація	Втрата при прожарюванні або Walkley-Black (ISO/EN)	Різні методи окислення та коефіцієнти розрахунку
Аналіз азоту	Екстракція мінеральних солей + колориметрія/ICE	Різні методи ЄС, відсутність єдиного стандарту	Розчини для екстракції та методи детекції відрізняються
Тестування фосфору	Екстракція слабкою кислотою/бікарбонатом + колориметрія	Амоній лактат або методи Olsen	Різні екстрагенти впливають на оцінку біодоступності
Аналіз калію	Екстракція амоній-ацетатом + полум'яна фотометрія/ААС	Подібні методи з варіюючими протоколами	Потрібна стандартизація умов екстракції

Розглядаючи детальніше конкретні методологічні аспекти, методи вимірювання рН є критичною областю, в якій практика України та ЄС значно розходяться, незважаючи на те, що обидві системи визнають рН основним показником здоров'я ґрунту. Українські лабораторії зазвичай використовують протоколи, розроблені на основі ДСТУ та ГОСТ, які можуть передбачати використання різних електролітних розчинів та умов вимірювання порівняно з широко прийнятим в ЄС підходом до потенціометричного вимірювання рН у воді або розчинах хлориду кальцію (CaCl_2) відповідно до стандартів ISO/EN. Ці відмінності в протоколах вимірювання можуть призвести до систематичних відхилень у показаннях рН, що впливає на подальшу інтерпретацію кислотності ґрунту, доступності поживних речовин та розрахунків потреби у вапні. Відсутність стандартизованих процедур калібрування та еталонних

матеріалів ще більше посилює ці розбіжності, що ускладнює пряме порівняння даних про рН ґрунту в Україні та ЄС для цілей торгівлі та моніторингу навколишнього середовища [30, 31, 32].

Визначення органічної речовини в Україні є проблемою через використання модифікованих радянських методів з обмеженою стандартизацією, тоді як в ЄС зазвичай застосовуються стандартизовані методи, такі як втрати при прожарюванні і Walkley-Black. Українські лабораторії використовують різні методи окислення та температурні протоколи для розрахунку вмісту органічного вуглецю в ґрунті. Ці розбіжності викликають проблеми, зокрема у сфері моніторингу та підтримки вмісту органічного вуглецю для сталого сільського господарства, зокрема в контексті нової Директиви ЄС [33].

Процедури тестування на вміст важких металів в Україні та ЄС демонструють суттєві розбіжності в аналітичних методах і нормативних базах. У той час як ЄС використовує царську воду та методи ICP-OES/AAS для аналізу, українські лабораторії застосовують альтернативні протоколи. Нова Директива ЄС вимагає ідентифікації забруднених ділянок та гармонізованих процедур тестування, включаючи PFAS і пестициди. Наразі в Україні відсутні стандартизовані рамки для нових забруднюючих речовин, що ускладнює відповідність вимогам ЄС щодо оцінки забруднення ґрунтів [34].

Методи відбору проб є критично важливими для дослідницької роботи, оскільки відмінності в протоколах відбору можуть негативно вплинути на результати аналізів. В Україні відбір проб ґрунту відповідає ДСТУ ISO 10381-1, проте не має необхідної комплексної системи для відповідності новій Директиві ЄС. Серед проблем – стандартизація щільності сітки, протоколи глибини, стратегії комбінованого та дискретного відбору, а також процедури поводження з пробами. Без узгоджених протоколів порівнянності результатів буде неможливою для моніторингу навколишнього середовища чи перевірки торгівлі [35].

Розглядаючи загальні системні виклики, забезпечення якості та акредитація лабораторій є загальними технічними прогалинами, які впливають на всі аспекти гармонізації аналізу ґрунтів. Хоча українські лабораторії, такі як НДЦ ІССАР, працюють під метрологічним контролем, використовуючи сертифіковані стандартні зразки ґрунтів, розроблені для українських типів ґрунтів, ця система може не відповідати вимогам ЄС щодо акредитації лабораторій, перевірки кваліфікації та процедур контролю якості. Акцент ЄС на стандартах акредитації ISO/IEC 17025 та регулярних програмах перевірки кваліфікації вимагає від українських лабораторій демонструвати свою компетентність за допомогою міжнародно визнаних систем, а не національних систем сертифікації. Крім того, розробка відповідних еталонних матеріалів та програм міжлабораторних порівнянь,

спеціально розроблених для умов ґрунтів України та відповідних технічним вимогам ЄС, є значним інфраструктурним викликом, який необхідно вирішити для досягнення значущої гармонізації стандартів [36].

Відповідаючи на ці виклики, шлях уперед вимагає систематичного усунення цих технічних прогалин шляхом скоординованих зусиль, що включають нарощування потенціалу лабораторій, дослідження з валідації методів та розробку гармонізованих протоколів, що відповідають як умовам ґрунтів України, так і нормативним вимогам ЄС. Пріоритетними напрямками є встановлення стандартизованих протоколів вимірювання рН з використанням міжнародно визнаних електролітних розчинів, валідація методів визначення органічної речовини відповідно до еталонних процедур ЄС та розвиток комплексних можливостей аналізу важких металів і забруднюючих речовин, що відповідають новим вимогам ЄС щодо моніторингу PFAS і пестицидів. Успіх гармонізації в кінцевому підсумку залежатиме від здатності України зберегти гнучкість, притаманну новій Директиві ЄС про моніторинг ґрунтів, одночасно забезпечуючи, щоб обрані методи давали дані, які є науково обґрунтованими, порівнянними на міжнародному рівні та придатними як для внутрішнього управління сільським господарством, так і для цілей перевірки торгівлі ЄС [37].

Розуміння регуляторної структури ЄС є ключовим для гармонізації аналізу ґрунту. Нормативно-правова база охоплює міжнародні стандарти ISO, стандарти CEN та політичні вимоги. Вимоги акредитації ISO/IEC 17025:2017 зобов'язують лабораторії демонструвати компетентність через управління якістю. З новим Законом ЄС про моніторинг ґрунтів, що набере чинності у 2025 році, лабораторії повинні відповідати цим стандартам для надійного аналізу стану ґрунтів. Цей підхід гарантує надійність даних про ґрунти для оцінки стану ґрунтів та досягнення цілей їх відновлення в усьому ЄС [39].

Розвиваючи цю думку далі, Європейський комітет зі стандартизації відіграє важливу роль у розробці гармонізованих аналітичних методів через CEN/TC 444 «Екологічна характеристика твердих матриць», який створює стандартизовані процедури для відбору проб ґрунту, попередньої обробки та аналізу. Ці стандарти CEN часто базуються на стандартах ISO «Якість ґрунту» від ISO/TC 190 або технічно узгоджені з ними і публікуються як стандарти EN ISO після прийняття до європейського корпусу стандартів. Отримані методи CEN/EN та EN ISO для ґрунтів слугують еталонними процедурами в екологічному законодавстві ЄС і безпосередньо лежать в основі нового Закону ЄС про моніторинг ґрунтів, який передбачає стандартизовані методи моніторингу та аналізу ключових параметрів ґрунтів для отримання порівнянних даних про ґрунти в масштабах ЄС. Ці стандарти

затверджені відповідно до Керівництва CEN 13, що забезпечує простежуваність та порівнянність вимірювань, які підтримують як цілі охорони навколишнього середовища, так і реалізацію сільськогосподарської політики в державах-членах [40].

У цьому контексті важливо зрозуміти, що хоча Спільна сільськогосподарська політика (ССП) не встановлює конкретні аналітичні стандарти, але її реалізація потребує стандартизованого аналізу ґрунтів національними лабораторіями, що застосовують європейські стандарти якості. Інструменти ССП вимагають надійних даних для підтвердження відповідності, зокрема щодо захисту ґрунтів та управління вуглецем. Це гарантує, що виплати та моніторинг ґрунтових оцінок базуються на наукових дослідженнях, що забезпечують гнучкість для адаптації до місцевих умов та практик. [41].

Поглиблюючи розуміння регуляторних механізмів, вимоги до забезпечення та контролю якості в ЄС для лабораторій є жорсткими, зокрема, потрібні системи управління, відповідні стандарту ISO 9001, які включають контроль документів і управління ризиками. Технічні вимоги передбачають компетентність персоналу, калібрування обладнання, оцінку невизначеності та валідацію методів випробувань. Лабораторії мають використовувати сертифіковані еталонні матеріали та проходити регулярні внутрішні і зовнішні перевірки, щоб забезпечити надійні дані про стан ґрунтів для політичних рішень з охорони навколишнього середовища. [42].

Органічно пов'язаною з системою забезпечення якості є перевірка кваліфікації. Вона є важливою частиною системи забезпечення якості ЄС, що вимагає від лабораторій участі у програмах міжлабораторних порівнянь для підтвердження аналітичної ефективності. Для українських лабораторій це передбачає відповідність стандартам ISO/IEC 17043:2023, демонструючи компетентність у аналізі важливих параметрів ґрунту. Програми включають статистичний аналіз, оцінку якості та аналіти, такі як поживні речовини та нові забруднювачі, зокрема PFAS. Лабораторії мають узгодити участь з програмами ЄС, зберігаючи акредитацію DSTU ISO/IEC 17025:2017, що підтримує сільське господарство та торговельні вимоги ЄС. [43].

На основі розуміння існуючих розбіжностей та регуляторних вимог ЄС впровадження гармонізованих стандартів аналізу ґрунтів вимагає комплексних законодавчих реформ, починаючи з внесення змін до існуючих стандартів ДСТУ та розробки нових нормативних актів, що відповідають вимогам ЄС. Пріоритетні законодавчі зміни включають оновлення керівних принципів впровадження ДСТУ ISO/IEC 17025:2017 для повної відповідності інтерпретаціям ЄС, встановлення обов'язкових вимог до перевірки кваліфікації лабораторій з аналізу ґрунтів та створення нормативно-правової бази для нових забруднюючих речовин,

таких як ПФАС та пестициди, відповідно до вимог Директиви ЄС про моніторинг ґрунтів. Національне агентство з акредитації України (НААУ) має розробити нові критерії акредитації, які визнають системи управління якістю, еквівалентні вимогам ЄС, при цьому зберігаючи сумісність з існуючими українськими сільськогосподарськими лабораторіями. Ці законодавчі зміни повинні бути впроваджені протягом перших 12-18 місяців процесу гармонізації, щоб забезпечити регуляторну основу для подальших технічних оновлень.

Після встановлення законодавчої основи модернізація лабораторної інфраструктури є найважливішим технічним і фінансовим викликом, що вимагає систематичної модернізації аналітичного обладнання, приміщень та систем контролю якості в усіх сільськогосподарських лабораторіях України. Основні модернізації включають закупівлю систем ICP-OES або ICP-MS для аналізу важких металів (орієнтовна вартість: 150 000–300 000 євро на лабораторію), рН-метри зі стандартизованими системами електродів та сертифікованими буферними розчинами (5 000–15 000 євро) та обладнання для аналізу органічних речовин, сумісне з методами втрати при прожарюванні або методом Волклі-Блека (20 000–50 000 євро). Додаткові потреби в інфраструктурі включають сертифіковані еталонні матеріали, що відповідають типам ґрунтів ЄС, сховища для зразків і реагентів з контрольованою температурою, а також модернізовані системи управління даними, здатні створювати геореферентні звіти, сумісні з базами даних ЄС. Загальні інвестиції в інфраструктуру для типової регіональної лабораторії оцінюються в 500 000–800 000 євро, а для впровадження на національному рівні потрібно приблизно 50–80 млн євро протягом 3–5 років [44].

Для систематизації процесу впровадження та визначення чітких часових рамок доцільно представити поетапний план реалізації, який наведено в таблиці нижче.

Модернізація інфраструктури вимагає підготовки персоналу через розвиток технічної компетентності та впровадження системи управління якістю. Освітні програми для лабораторних техніків та менеджерів з якості повинні охоплювати аналітичні методи за стандартами ЄС, принципи ISO/IEC 17025:2017, а також нові методи аналізу забруднень. Важливими є партнерства з лабораторіями ЄС, розвиток українських навчальних центрів та вимоги до безперервної освіти. Вартість комплексного навчання оцінюється в 5-10 млн євро на 3-4 роки [45].

2. Етапи впровадження гармонізації стандартів аналізу ґрунтів [44]

Етап впровадження	Часові рамки	Ключові заходи	Орієнтовна вартість (млн €)
Етап 1: Законодавча основа	0-18 місяців	Оновлення ДСТУ, розробка критеріїв НААУ, нормативна база	2-3
Етап 2: Модернізація інфраструктури	12-48 місяців	Закупівля обладнання, модернізація приміщень, системи контролю якості	50-80
Етап 3: Підготовка персоналу	18-60 місяців	Технічне навчання, програми сертифікації, обмінні програми	5-10
Етап 4: Валідація методів	24-60 місяців	Міжлабораторні дослідження, перевірка кваліфікації, сертифікація	3-5
Етап 5: Повне впровадження	48-72 місяці	Завершення гармонізації, визнання ЄС, торговельна інтеграція	2-3

Отримані результати щодо критичних методологічних розбіжностей у п'яти ключових напрямках аналізу ґрунтів узгоджуються з висновками міжнародних досліджень, які підкреслюють складність гармонізації аналітичних стандартів навіть у межах Європейського Союзу. Зокрема, Cornu та співавтори встановили, що національні системи даних про ґрунти в країнах ЄС характеризуються значною гетерогенністю щодо методологій відбору проб, аналітичних протоколів та систем управління даними, що створює труднощі для порівняння результатів між державами-членами. Наше дослідження розширює цей висновок, демонструючи, що для України як країни-кандидата проблема гармонізації є ще більш складною через необхідність одночасного подолання спадщини радянських стандартів ГОСТ та адаптації до сучасних вимог ISO/EN, що вимагає не лише технічних модифікацій, але й фундаментальної трансформації інституційної культури забезпечення якості. Panagos та колеги наголошують, що нова Директива ЄС про моніторинг ґрунтів створює безпрецедентні можливості для стандартизації, проте її успішна імплементація залежить від здатності держав-членів розробити гнучкі, але порівнянні системи моніторингу, що повністю відповідає нашим рекомендаціям щодо збереження адаптивності протоколів до специфічних умов українських чорноземів та інших типів ґрунтів при забезпеченні міжнародної порівнянності результатів.

Розроблений п'ятиетапний план впровадження з часовими рамками 48-72 місяці та загальним обсягом інвестицій 50-80 мільйонів євро співставний з досвідом країн Центральної та Східної Європи, які

здійснювали подібну трансформацію після вступу до ЄС, хоча наше дослідження виявляє специфічні виклики для України, пов'язані з масштабом сільськогосподарського сектору та воєнними руйнуваннями інфраструктури. Usón-Murillo та співавтори [45] у дослідженні перевірки кваліфікації для аналізу родючості ґрунтів в Іспанії продемонстрували, що навіть у межах однієї країни ЄС міжлабораторна варіабельність результатів може досягати 15-25% для ключових параметрів, що підкреслює критичне значення регулярних програм перевірки кваліфікації та міжлабораторних порівнянь, які ми визначили як четвертий етап впровадження. На відміну від іспанського досвіду, де акцент робився виключно на параметрах родючості, наше дослідження розширює сферу гармонізації на нові забруднюючі речовини, зокрема PFAS та сучасні пестициди, що відповідає найновішим вимогам Директиви ЄС про моніторинг ґрунтів та відображає глобальні тренди у сфері екологічного моніторингу, описані Європейським агентством з охорони навколишнього середовища. Фінансові розрахунки, представлені в нашому дослідженні, також враховують специфічний український контекст, де необхідність одночасної модернізації 18 регіональних лабораторій створює можливості для економії від масштабу при централізованих закупівлях обладнання та організації навчальних програм, що може зменшити загальні витрати порівняно з поетапним підходом, застосованим у деяких країнах ЄС.

Висновки. Проведене дослідження гармонізації національних стандартів агрохімічного аналізу ґрунтів з вимогами Європейського Союзу дозволило встановити комплекс критичних методологічних розбіжностей та розробити практичний план їх усунення. Систематичний порівняльний аналіз виявив п'ять ключових напрямків, що потребують негайної стандартизації: вимірювання рівня кислотності через використання різних електролітичних розчинів та протоколів калібрування, визначення органічної речовини внаслідок застосування модифікованих радянських методів замість стандартизованих європейських процедур втрати при прожарюванні або методу Walkley-Black, аналіз поживних речовин через неузгодженість методів екстракції та детекції, тестування важких металів та нових забруднюючих речовин через відсутність комплексних рамок для PFAS та сучасних пестицидів, протоколи відбору проб через неузгодженість щільності сітки та процедур глибини, що унеможлиблює порівняння даних між регіонами.

Розроблений п'ятиетапний план впровадження охоплює законодавчі реформи з оновленням стандартів ДСТУ та критеріїв акредитації Національного агентства з акредитації України, модернізацію інфраструктури через закупівлю систем індуктивно-зв'язаної плазми з оптичною емісійною спектроскопією, рН-метрів зі стандартизованими електродними системами та обладнання для аналізу

органічних речовин, підготовку персоналу через обмінні програми з європейськими лабораторіями, валідацію методів через міжлабораторні дослідження та програми перевірки кваліфікації за стандартами ISO/IEC, повну інтеграцію з визнанням на європейському рівні. Достовірність результатів забезпечується залученням провідних фахівців Національного наукового центру «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського», представників Національного агентства з акредитації України та міжнародних експертів з акредитації лабораторій до експертного оцінювання.

Практична цінність дослідження полягає у створенні конкретного плану дій для державних органів, наукових установ та сільськогосподарських лабораторій, що дозволяє ефективно координувати зусилля на національному рівні. Рекомендовано пріоритетно створити Національний координаційний комітет з моніторингу ґрунтів для міжвідомчої координації, розробити комплексну національну стратегію моніторингу ґрунтів, узгоджену з вимогами Директиви ЄС про моніторинг та стійкість ґрунтів, забезпечити міжнародне фінансування через програми технічної допомоги ЄС та налагодити партнерські відносини з лабораторіями держав-членів ЄС для передачі знань та нарощування потенціалу. Науковим установам рекомендується очолити дослідження з валідації методів, розробити сертифіковані еталонні матеріали для українських типів ґрунтів та створити програми навчання для лабораторного персоналу у співпраці з європейськими інститутами ґрунтознавства.

Успішна гармонізація забезпечить українському сільському господарству покращений доступ до єдиного ринку Європейського Союзу через усунення технічних бар'єрів для торгівлі, підвищить довіру до української продукції на міжнародних ринках через демонстрацію відповідності міжнародним стандартам забезпечення якості, зміцнить позиції на ринках квот на викиди вуглецю через надання надійних верифікованих даних про поглинання органічного вуглецю ґрунтом та сприятиме впровадженню сталих методів управління ґрунтами на основі точних даних про стан ґрунтів. Перспективи подальших досліджень включають розробку специфічних протоколів калібрування для унікальних типів українських ґрунтів, вивчення можливостей адаптації цифрових технологій та геоінформаційних систем для автоматизації збору та обробки даних моніторингу ґрунтів, дослідження економічної ефективності різних моделей організації міжлабораторних програм перевірки кваліфікації та аналіз впливу гармонізованих стандартів на конкурентоспроможність української сільськогосподарської продукції на глобальних ринках.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Мірошніченко М. М., Гладкіх Є. Ю., Ревтьє-Уварова А. В., Гетманенко В. А. Напрями удосконалення нормативно-правової бази щодо регулювання безпечності та якості добрив в Україні. *Агрохімія і ґрунтознавство*. 2024. Вип. 96. С. 23–35. <https://doi.org/10.31073/acss96-03>
2. Bondar, O., Pereverzieva, A., & Volkov, V. (2020). European experience of soil conservation: Knowledge for Ukraine. *Agrosvit*, 17-18, 10–18. <https://doi.org/10.32702/2306-6792.2020.17-18.10>
3. Ласло О. О., Нагорна С. В., Панченко К. С. Моніторинг ґрунтів: еколого-агрохімічна оцінка. *Аграрні інновації*. 2024. № 26. С. 56–63. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.26.7>
4. Романчук Л., Козлик Т. І., Дрозд Б., Вівчаренко Г. В., Ліхо О. А. Динаміка агрохімічних показників у ґрунтах сільськогосподарського призначення Хорошівського району Житомирської області. *Вісник Сумського НАУ*. 2023. Вип. 4. С. 85–92. <https://doi.org/10.31713/vs4202311>
5. Войтків П. С., Мороз Г. Б., Іванов Є. А., Попик О. О. Результати агрохімічної оцінки темно-сірих опідзолених оглеєних ґрунтів Вінницького природно-сільськогосподарського району. *Сучасні проблеми природознавства*. 2024. № 1. С. 124–138. <https://doi.org/10.32782/naturalspu/2024.1.16>
6. Shkurchenko, Y., & Kotyk, Z. (2020). Agrochemical soil research for development of the projects on soil fertility improvement for start-up agricultural enterprises. *Architectural and Construction Bulletin*, 21, 132–141. <https://doi.org/10.31734/architecture2020.21.132>
7. Бреус Д. С. Ретроспективний аналіз змін родючості ґрунтів в зоні Степу України. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2022. Вип. 1. С. 54–68. <https://doi.org/10.32450/8640.2022.1.8>
8. Шейко В. Ю., Кучменко О. Б., Гавій В., Пасічник С. В. Хімічний склад та фізико-хімічні властивості ґрунтів – індикатори їхньої родючості та забруднення. *Науковий вісник УжНУ*. 2023. Вип. 25(1). С. 45–52. <https://doi.org/10.34142/2708-5848.2023.25.1.06>
9. Лисиця А. В. Деякі особливості агрохімічного складу ґрунтів Західного Полісся України. *Інноваційна наука*. 2023. № 18-02. С. 68–72. <https://doi.org/10.30888/2663-5712.2023-18-02-068>
10. Господаренко Г. М., Любич В. В., Мартинюк А. Т. Агрохімічні властивості ґрунту за тривалого застосування мінеральних добрив. *Аграрні інновації*. 2023. № 19. С. 35–42. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.19.5>
11. Гловин Н., Павлів О. В. Еколого-агрохімічна оцінка придатності ґрунтів сільськогосподарського підприємства для

виращування органічної продукції. *Вісник ПДАА*. 2021. № 1. С. 189–197. <https://doi.org/10.31210/VISNYK2021.01.25>

12. Омелич І. Ю., Непошивайленко Н. О. Порівняльний аналіз використання добрив країнами ЄС та України в контексті розвитку агробіотехнологій. *Проблеми авіації і космонавтики*. 2023. № 2. С. 78–85. <https://doi.org/10.18372/2306-6407.2.17181>

13. Soil Carbon Credit in Ukraine | Agroberichten Buitenland. *Home Agroberichten Buitenland*. URL: <https://www.agroberichtenbuitenland.nl/actueel/nieuws/2025/07/10/soil-carbon-credit-in-ukraine>.

14. Depletion of Ukraine's Soils Threatens Long-Term Global Food Security. *Applied Sciences from Technology Networks*. URL: <https://www.technologynetworks.com/applied-sciences/news/depletion-of-ukraines-soils-threatens-long-term-global-food-security-406546>.

15. Agrochemical soil survey. *National Scientific Centre*. URL: <https://www.tairov.org.ua/en/agrohimichne-obstezhennya-gruntu/>.

16. Kyiv School of Economics. AgroDigest Ukraine. January 2025 [Electronic resource]. Kyiv, 2025. 48 p. URL: https://kse.ua/AgroDigest_Ukraine_January_2025.pdf

17. Євроінтеграція: Україна презентувала План імплементації права ЄС в аграрному секторі [Електронний ресурс] // Урядовий портал. 31.12.2024. URL: <https://www.kmu.gov.ua/news/yevrointehratsiia-ukraina-prezentuvala-plan-implementatsii-prava-ies-v-ahrarnomu-sektori>

18. Ukrainian farmers ready for gradual integration into the EU Common Agricultural Policy. *UkrAgroConsult - World-class agricultural consulting*. URL: <https://ukragroconsult.com/en/news/ukrainian-farmers-ready-for-gradual-integration-into-the-eu-common-agricultural-policy/>.

19. Broyaka A., Dankevych V., Dodd E., Welsh C. Blueprint for an Agricultural Recovery Plan for Ukraine [Electronic resource]. Washington, DC: Center for Strategic and International Studies, 2025. 35 p. URL: <https://www.csis.org/analysis/blueprint-agricultural-recovery-plan-ukraine>

20. EU and Ukraine reach agreement in principle on modernised agricultural trade as tariffs are reinstated - Osservatorio Balcani Caucaso Transeuropa. *Osservatorio Balcani Caucaso Transeuropa*. URL: https://www.balcanicaucaso.org/en/cp_article/eu-and-ukraine-reach-agreement-in-principle-on-modernised-agricultural-trade-as-tariffs-are-reinstated/.

21. Ukraine in the EU – the end of the Common Agricultural Policy?. *EUobserver*. URL: <https://euobserver.com/eu-political/ar5e501bb3>.

22. Український аграрний сектор та інтеграція в ЄС - Kyiv School of Economics. *Kyiv School of Economics*. URL: <https://kse.ua/ua/ukrayinskiy-agrarniy-sektor-ta-integratsiya-v-yes/>.

23. European Parliament Adopts Agreement on Soil Monitoring Law. *Institut for Agroøkologi*. URL: <https://agro.au.dk/en/current-news/news/show/artikel/european-parliament-adopts-agreement-on-soil-monitoring-law>.

24. Forest soil monitoring in focus as EU Soil Monitoring Law advances | European Forest Institute. | *European Forest Institute*. URL: <https://efi.int/news/forest-soil-monitoring-focus-eu-soil-monitoring-law-advances-2025-08-11>.

25. How to prepare for the EU Soil Monitoring Law. *Pollution Solutions Online*. URL: <https://www.pollutionsolutions-online.com/article/soil-testing/95/international-environmental-technology/how-to-prepare-for-the-eu-soil-monitoring-law/3619>.

26. Prikhodko, D., & Tarashevych, O. (2005). Ukraine: Food and agricultural import regulations and standards (GAIN Report No. UP5014). U.S. Department of Agriculture, Foreign Agricultural Service. <https://www.aphis.usda.gov/sites/default/files/up-import-regs.pdf>

27. Moklyachuk L., Draga I. A Monitoring study of soil fertility in the agricultural area of rivne region of Ukraine. *Emirates Journal of Food and Agriculture*. 2015. Vol. 27, no. 2. P. 221. URL: <https://doi.org/10.9755/ejfa.v27i2.19278>.

28. Food and Agricultural Import Regulations and Standards – Narrative. Ukraine. FAIRS Country Report [Електронний ресурс] / USDA Foreign Agricultural Service, Office of Agricultural Affairs, Kyiv. Київ, 2009. 1 електрон. опт. диск (PDF). URL: https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/report/downloadreportbyfilename?filename=Food+and+Agricultural+Import+Regulations+and+Standards+-+Narrative_Kiev_Ukraine_7-30-2009.pdf

29. Чорний С. Г. Soil loss tolerance for agricultural land of the Right-Bank Steppe of Ukraine // *Soil Science Annual*. 2022. Vol. 73, No. 4. Article 156066. DOI: 10.37501/SOILSA/156066. URL: <https://www.soilsa.com/Soil-loss-tolerance-for-agricultural-land-of-the-Right-Bank-Steppe-of-Ukraine,156066,0,1.html>.

30. Якість ґрунту. Визначення pH: ДСТУ ISO 10390:2007 (ISO 10390:2005, IDT) [Електронний ресурс]. Чинний від 2008-01-01. Київ: Держспоживстандарт України, 2007. URL: <https://chemistry.univer.kharkov.ua/files/%20%D1%80%D0%9D.pdf>

31. Soil quality — Determination of pH (ISO 10390:2005) [Електронний ресурс]. Geneva: International Organization for Standardization, 2005. URL: <https://www.iso.org/standard/40879.html>

32. Estimating lime requirements for tropical soils / N. T. S. Kissel та ін. // *Geoderma*. 2023. Vol. 429. Article 116235 [Електронний ресурс]. URL: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10033874/>

33. Симочко Л., та ін. Microbial transformation of soil organic matter under different agricultural practices in Ukrainian soils // *Frontiers in Microbiology*. 2024. Vol. 14. Article 1287701.

34. Soil quality — Determination of organic and total carbon after dry combustion (elementary analysis): ISO 10694:1995 [Електронний ресурс]. Geneva: International Organization for Standardization, 1995. URL: <https://www.iso.org/standard/18782.html>

35. Якість ґрунту. Відбирання проб. Частина 1. Настанови щодо складання програм відбирання проб: ДСТУ ISO 10381-1:2004 (ISO 10381-1:2002, IDT) [Електронний ресурс]. Чинний від 2005-01-01. Київ: Держспоживстандарт України, 2004. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=58984

36. Laboratory of Instrumental Soil Research Methods, Standardization and Metrology. National Scientific Center “Institute for Soil Science and Agrochemistry Research named after O.N. Sokolovsky” (NSC ISSAR) [Електронний ресурс]. Харків, 2024. У підрозділі описано розроблення державних та галузевих стандартних зразків складу (агрохімічних показників) ґрунтів України та участь лабораторії у міжнародних програмах кваліфікаційних випробувань (GLOSOLAN). URL: <https://issar.com.ua/en/laborator/laboratoriya-instrumentalnih-metodiv-doslidzhen-gruntiv-standartizacziyi-i-metrologiyi/>

37. PFAS contamination and soil remediation (Signal) [Електронний ресурс]. European Environment Agency, 2025. Оглядова аналітична записка, у якій підкреслюється необхідність удосконалення моніторингу забруднення ґрунтів у ЄС, включаючи PFAS, посилення систем оцінки ризиків і відновлення, а також зв'язок із цілями Zero Pollution Action Plan до 2050 р. URL: <https://www.eea.europa.eu/en/european-zero-pollution-dashboards/indicators/pfas-contamination-and-soil-remediation-signa>

38. Directive (EU) 2025/... of the European Parliament and of the Council of ... on Soil Monitoring and Resilience (Soil Monitoring Law) [Електронний ресурс] // Council of the European Union. Brussels, 29.09.2025. 47 p. URL: <https://data.consilium.europa.eu/doc/document/ST-9474-2025-REV-1/en/pdf>

39. CEN/TC 444 and EU Soil Monitoring Standards | HAL24K Agri on Harmonization & Innovation. *HAL24K Agri (ENG)*. URL: <https://www.hal24k-agri.com/news-article-5>

40. Cornu S., Bispo A., Hubert-Moy L. та ін. National soil data in EU countries, where do we stand? // *European Journal of Soil Science*. 2023. Vol. 74, No. 4. e13398. DOI: 10.1111/ejss.13398. URL: <https://doi.org/10.1111/ejss.13398>

41. How to prepare for the EU Soil Monitoring Law [Електронний ресурс] // *International Environmental Technology*. 15.05.2025. URL:

<https://www.envirotech-online.com/article/soil-testing/95/international-environmental-technology/how-to-prepare-for-the-eu-soil-monitoring-law/2381>

42. ISO/IEC 17043:2023. Conformity assessment — General requirements for the competence of proficiency testing providers [Електронний ресурс]. Geneva: International Organization for Standardization, 2023. URL: <https://www.iso.org/standard/80864.html>

43. Soil Monitoring Law Adopted by the European Parliament [Електронний ресурс]. EJP SOIL, 19.11.2025. URL: <https://ejpsoil.eu/soil-monitoring-law-adopted-by-the-european-parliament/>

44. Capacity Building in Soil Monitoring in Europe [Електронний ресурс] // PREPSOIL Project, 03.07.2025. URL: <https://prepsoil.eu/capacity-building-soil-monitoring-europe>

45. Usón-Murillo A., Aragonés-Sáez O., Moret-Fernández D. Proficiency Testing for Soil Fertility Analysis // Spanish Journal of Soil Science. 2025. Vol. 15, Article 14838. DOI: 10.3389/sjss.2025.14838.

REFERENCES

1. Miroshnychenko, M. M., Hladkikh, Ye. Yu., Revtie-Uvarova, A. V., & Hetmanenko, V. A. (2024). Napriamy udoskonalennia normatyvno-pravovoi bazy shchodo rehuliuвання безпеčnosti ta yakosti dobryv v Ukraini. Ahrokhimiia i gruntoznavstvo, (96), 23–35. <https://doi.org/10.31073/acss96-03>

2. Bondar, O., Pereverzieva, A., & Volkov, V. (2020). European experience of soil conservation: Knowledge for Ukraine. Agrosvit, 17–18, 10–18. <https://doi.org/10.32702/2306-6792.2020.17-18.10>

3. Laslo, O. O., Nahorna, S. V., & Panchenko, K. S. (2024). Monitorynh gruntiv: ekolohe-ahrokhimichna otsinka. Ahrarni innovatsii, (26), 56–63. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.26.7>

4. Romanchuk, L., Kozlyk, T. I., Drozd, B., Vivcharenko, H. V., & Likho, O. A. (2023). Dynamika ahrokhimichnykh pokaznykiv u gruntakh silskohospodarskoho pryznachennia Khoroshivskoho raionu Zhytomyrskoi oblasti. Visnyk Sumskoho NAU, (4), 85–92. <https://doi.org/10.31713/vs4202311>

5. Voitkiv, P. S., Moroz, H. B., Ivanov, Ye. A., & Popyk, O. O. (2024). Rezultaty ahrokhimichnoi otsinky temno-sirykh opidzolennykh ohleienykh gruntiv Vinnytskoho pryrodno-silskohospodarskoho raionu. Suchasni problemy pryrodnavstva, (1), 124–138. <https://doi.org/10.32782/naturalspu/2024.1.16>

6. Shkurchenko, Y., & Kotyk, Z. (2020). Agrochemical soil research for development of the projects on soil fertility improvement for start-up agricultural enterprises. Architectural and Construction Bulletin, 21, 132–141. <https://doi.org/10.31734/architecture2020.21.132>

7. Breus, D. S. (2022). Retrospektyvnyi analiz zmin rodiuchosti gruntiv v zoni Stepu Ukrainy. *Visnyk ahrarnoi nauky Prychornomor'ia*, (1), 54–68. <https://doi.org/10.32450/8640.2022.1.8>
8. Sheiko, V. Yu., Kuchmenko, O. B., Havii, V., & Pasichnyk, S. V. (2023). Khimichni sklad ta fizyko-khimichni vlastyvyosti gruntiv – indykatory yikhnoi rodiuchosti ta zabrudnennia. *Naukovyi visnyk UzhNU*, 25(1), 45–52. <https://doi.org/10.34142/2708-5848.2023.25.1.06>
9. Lysytia, A. V. (2023). Deiaki osoblyvosti ahrokhimichnoho skladu gruntiv Zakhidnoho Polissia Ukrainy. *Innovatsiina nauka*, (18-02), 68–72. <https://doi.org/10.30888/2663-5712.2023-18-02-068>
10. Hospodarenko, H. M., Liubych, V. V., & Martyniuk, A. T. (2023). Ahrokhimichni vlastyvyosti gruntu za tryvaloho zastosuvannia mineralnykh dobryv. *Ahrarni innovatsii*, (19), 35–42. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.19.5>
11. Hlōvyn, N., & Pavliv, O. V. (2021). Ekoloho-ahrokhimichna otsinka prydatnosti gruntiv silskohospodarskoho pidpriemstva dlia vyroshchuvannia orhanichnoi produktsii. *Visnyk PDAA*, (1), 189–197. <https://doi.org/10.31210/VISNYK2021.01.25>
12. Omelych, I. Yu., & Neposhyvailenko, N. O. (2023). Porivnialnyi analiz vykorystannia dobryv krainamy YeS ta Ukrainy v konteksti rozvytku ahrobiotekhnolohii. *Problemy aviatsii i kosmonavtyky*, (2), 78–85. <https://doi.org/10.18372/2306-6407.2.17181>
13. Ministry of Agriculture, Nature and Food Quality of the Netherlands. (2025, July 10). Soil carbon credit in Ukraine. *Agroberichten Buitenland*. <https://www.agroberichtenbuitenland.nl/actueel/nieuws/2025/07/10/soil-carbon-credit-in-ukraine>
14. Applied Sciences from Technology Networks. (2024). Depletion of Ukraine's soils threatens long-term global food security. <https://www.technologynetworks.com/applied-sciences/news/depletion-of-ukraines-soils-threatens-long-term-global-food-security-406546>
15. National Scientific Centre “V. Ye. Tairov Institute of Viticulture and Winemaking”. (n.d.). Agrochemical soil survey. <https://www.tairov.org.ua/en/agrohimichne-obstezhennya-gruntu/>
16. Kyiv School of Economics. (2025). *AgroDigest Ukraine*. January 2025 (No. 1). https://kse.ua/AgroDigest_Ukraine_January_2025.pdf
17. Kabinet Ministriv Ukrainy. (2024, December 31). Yevrointehratsiia: Ukraina prezentovala Plan implementatsii prava YeS v ahrarnomu sektori. *Uriadovyi portal*. <https://www.kmu.gov.ua/news/yevrointehratsiia-ukraina-prezentovala-plan-implementatsii-prava-ies-v-ahrarnomu-sektori>
18. UkrAgroConsult. (2024). Ukrainian farmers ready for gradual integration into the EU Common Agricultural Policy.

<https://ukragroconsult.com/en/news/ukrainian-farmers-ready-for-ggradual-integration-into-the-eu-common-agricultural-policy/>

19. Broyaka, A., Dankevych, V., Dodd, E., & Welsh, C. (2025). Blueprint for an agricultural recovery plan for Ukraine. Center for Strategic and International Studies. <https://www.csis.org/analysis/blueprint-agricultural-recovery-plan-ukraine>

20. Osservatorio Balcani Caucaso Transeuropa. (2024). EU and Ukraine reach agreement in principle on modernised agricultural trade as tariffs are reinstated. https://www.balcanicaucaso.org/en/cp_article/eu-and-ukraine-reach-agreement-in-principle-on-modernised-agricultural-trade-as-tariffs-are-reinstated/

21. EUobserver. (2024). Ukraine in the EU – the end of the Common Agricultural Policy? <https://euobserver.com/eu-political/ar5e501bb3>

22. Kyiv School of Economics. (2024). Ukrainskyi ahraryi sektor ta intehtatsiia v YeS. <https://kse.ua/ua/ukrayinskiy-agrarniy-sektor-ta-integratsiya-v-yes/>

23. Institute for Agroecology, Aarhus University. (2025). European Parliament adopts agreement on Soil Monitoring Law. <https://agro.au.dk/en/current-news/news/show/artikel/european-parliament-adopts-agreement-on-soil-monitoring-law>

24. European Forest Institute. (2025, August 11). Forest soil monitoring in focus as EU Soil Monitoring Law advances. <https://efi.int/news/forest-soil-monitoring-focus-eu-soil-monitoring-law-advances-2025-08-11>

25. International Environmental Technology. (2025, May 15). How to prepare for the EU Soil Monitoring Law. Pollution Solutions Online. <https://www.pollutionsolutions-online.com/article/soil-testing/95/international-environmental-technology/how-to-prepare-for-the-eu-soil-monitoring-law/3619>

26. Prihodko, D., & Tarashevych, O. (2005). Ukraine: Food and agricultural import regulations and standards (GAIN Report No. UP5014). U.S. Department of Agriculture, Foreign Agricultural Service. <https://www.aphis.usda.gov/sites/default/files/up-import-regs.pdf>

27. Moklyachuk, L., & Draga, I. (2015). A monitoring study of soil fertility in the agricultural area of Rivne region of Ukraine. Emirates Journal of Food and Agriculture, 27(2), 221–227. <https://doi.org/10.9755/ejfa.v27i2.19278>

28. USDA Foreign Agricultural Service, Office of Agricultural Affairs, Kyiv. (2009). Food and agricultural import regulations and standards – Narrative. Ukraine. FAIRS Country Report. https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/report/downloadreportbyfilename?filename=Food+and+Agricultural+Import+Regulations+and+Standards+-+Narrative_Kiev_Ukraine_7-30-2009.pdf

29. Chornyi, S. H. (2022). Soil loss tolerance for agricultural land of the Right-Bank Steppe of Ukraine. *Soil Science Annual*, 73(4), Article 156066. <https://doi.org/10.37501/SOILSA/156066>
30. Derzhspozhyvstandart Ukrainy. (2007). Yakist gruntu. Vyznachennia pH: DSTU ISO 10390:2007 (ISO 10390:2005, IDT). <https://chemistry.univer.kharkov.ua/files/%20%D1%80%D0%9D.pdf>
31. International Organization for Standardization. (2005). Soil quality — Determination of pH (ISO 10390:2005). <https://www.iso.org/standard/40879.html>
32. Kissel, N. T. S., et al. (2023). Estimating lime requirements for tropical soils. *Geoderma*, 429, Article 116235. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10033874/>
33. Symochko, L., et al. (2024). Microbial transformation of soil organic matter under different agricultural practices in Ukrainian soils. *Frontiers in Microbiology*, 14, Article 1287701.
34. International Organization for Standardization. (1995). Soil quality — Determination of organic and total carbon after dry combustion (elementary analysis) (ISO 10694:1995). <https://www.iso.org/standard/18782.html>
35. Derzhspozhyvstandart Ukrainy. (2004). Yakist gruntu. Vidbyrannia prob. Chastyna 1. Nastanovy shchodo skladannia proham vidbyrannia prob: DSTU ISO 10381-1:2004 (ISO 10381-1:2002, IDT). https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=58984
36. National Scientific Center “Institute for Soil Science and Agrochemistry Research named after O. N. Sokolovsky”. (2024). Laboratory of instrumental soil research methods, standardization and metrology. <https://issar.com.ua/en/laborator/laboratoriya-instrumentalnih-metodiv-doslidzhen-gruntiv-standartizacziyi-i-metrologiyi/>
37. European Environment Agency. (2025). PFAS contamination and soil remediation (Signal). <https://www.eea.europa.eu/en/european-zero-pollution-dashboards/indicators/pfas-contamination-and-soil-remediation-signal>
38. European Parliament, & Council of the European Union. (2025). Directive (EU) 2025/... on soil monitoring and resilience (Soil Monitoring Law). <https://data.consilium.europa.eu/doc/document/ST-9474-2025-REV-1/en/pdf>
39. HAL24K Agri. (2016). CEN/TC 444 and EU soil monitoring standards – Harmonization & innovation. <https://www.hal24k-agri.com/news-article-5>
40. Cornu, S., Bispo, A., Hubert-Moy, L., et al. (2023). National soil data in EU countries, where do we stand? *European Journal of Soil Science*, 74(4), e13398. <https://doi.org/10.1111/ejss.13398>

41. How to prepare for the EU Soil Monitoring Law. (2025, May 15). International Environmental Technology. <https://www.envirotech-online.com/article/soil-testing/95/international-environmental-technology/how-to-prepare-for-the-eu-soil-monitoring-law/2381>

42. International Organization for Standardization. (2023). ISO/IEC 17043:2023. Conformity assessment — General requirements for the competence of proficiency testing providers. <https://www.iso.org/standard/80864.html>

43. EJP SOIL. (2025, November 19). Soil monitoring law adopted by the European Parliament. <https://ejpsoil.eu/soil-monitoring-law-adopted-by-the-european-parliament/>

44. PREPSOIL Project. (2025, July 3). Capacity building in soil monitoring in Europe. <https://prepsoil.eu/capacity-building-soil-monitoring-europe>

45. Usón-Murillo, A., Aragonés-Sáez, O., & Moret-Fernández, D. (2025). Proficiency testing for soil fertility analysis. Spanish Journal of Soil Science, 15, Article 14838. <https://doi.org/10.3389/sjss.2025.14838>

T.A. Romanova, PhD in Agricultural Sciences, Associate Professor

M.S. Ponomareva, PhD in Economics, Associate Professor

O.V. Romanov, PhD in Agricultural Sciences, Associate Professor

Parmonisation of national standards for agrochemical analysis of soils with eu requirements

Harmonisation of Ukrainian standards for agrochemical soil analysis with European Union requirements is a critical prerequisite for Ukraine's successful European integration and modernisation of the agricultural sector. As of 2025, Ukrainian soil analysis practices are characterised by fragmentation, the absence of a comprehensive national integrated system, and reliance on mixed DSTU/GOST standards instead of codified national norms, which contrasts sharply with the new European Union Directive on soil monitoring and sustainability, which comes into force in December 2025.

Purpose. Comprehensive analysis of technical, regulatory and institutional differences between Ukrainian and European standards for agrochemical soil analysis, identification of specific methodological gaps and development of a practical step-by-step harmonisation plan that takes into account the specifics of Ukrainian soil types, financial constraints and the requirements of the European regulatory environment.

Methods. Comparative analysis of the Ukrainian regulatory framework and European Union regulatory requirements, systematic review of methodological differences in analytical protocols, assessment of the infrastructure needs of Ukrainian laboratories, and analysis of international accreditation experience. The expert assessment method was used to identify priority areas for harmonisation and calculate the financial costs of modernising laboratory infrastructure.

Results. Critical methodological differences were identified in five key areas of soil analysis. Acidity measurement is characterised by the use of different electrolyte solutions and calibration protocols between Ukrainian laboratories and European standards,

leading to systematic deviations in indicators and complicating the interpretation of nutrient availability. The determination of organic matter in Ukrainian practice is based on modified Soviet methods with limited standardisation, while European laboratories use loss on ignition or Walkley-Black methods, which creates incomparability of data on soil carbon stocks. Heavy metal analysis demonstrates the absence in Ukrainian standards of a comprehensive framework for new pollutants, including perfluoroalkyl and polyfluoroalkyl substances and modern pesticides, which are specifically required by the new Soil Monitoring Directive. Sampling protocols in Ukraine lack standardisation of grid density, depth procedures and composite sampling strategies necessary to ensure comparability of data between European Union member states. The quality assurance systems of Ukrainian laboratories need to be aligned with the accreditation requirements of the international standard 17025:2017 and regular proficiency testing programmes recognised at European level. It has been established that a typical regional laboratory requires an investment of €500,000–800,000 to upgrade its analytical equipment, including inductively coupled plasma systems with optical emission spectrometry costing €150,000–300,000, pH meters with standardised electrode systems costing €5,000–15,000, and equipment for analysing organic substances costing €20,000–50,000. National implementation requires a total investment of €50–80 million over three to five years. A five-stage implementation plan has been developed with a timeframe of 48–72 months, covering legislative reforms with the updating of standards and accreditation criteria during the first 12–18 months, infrastructure modernisation over 12–48 months, staff training through exchange programmes with European laboratories over 18–60 months, method validation through interlaboratory studies over 24–60 months, and full integration with European-level recognition. The need to establish a National Soil Monitoring Coordination Committee for inter-agency coordination, development of a national monitoring strategy and securing international funding through technical assistance programmes has been identified.

Conclusions. Successful harmonisation of soil analysis standards will provide Ukrainian agriculture with improved access to the single market of the European Union by removing technical barriers to trade, increase confidence in Ukrainian products on international markets by demonstrating compliance with the gold standard of quality assurance, strengthen positions in carbon emission quota markets by providing reliable, verified data on organic carbon sequestration by soil, and promote the implementation of sustainable soil management practices based on accurate soil condition data.

Practical value. The study provides a concrete action plan for government agencies, scientific institutions and agricultural laboratories with detailed cost estimates, implementation timelines and priority areas for modernisation, enabling effective investment planning and coordination of efforts at the national level to achieve full compliance with European Union requirements.

Keywords: harmonisation of soil standards, agrochemical analysis, soil monitoring, laboratory accreditation, European integration, quality management.

ПЛОДООВОВИВНИЦТВО

УДК: 635.64; 631.811.98

DOI 10.5281/zenodo.18537958

М.О. Шапко, здобувач

Інститут овочівництва і баштанництва НААН (Україна)

О.В. Куц, доктор с.-г. наук, стар. наук. співробітник

Державний біотехнологічний університет (Харків, Україна)

ВИКОРИСТАННЯ РЕГУЛЯТОРІВ РОСТУ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ НАСІННЄВОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ ПОМІДОРУ

Метою дослідження було встановлення ефективності використання регуляторів росту для підвищення насіннєвої продуктивності помідору в умовах відкритого ґрунту Лівобережного Лісостепу України. Польові дослідження проведено в Інституті овочівництва і баштанництва Національної академії аграрних наук України з використанням препаратів Аміноплацентин, Ліпоплацентин та Кріоплацентин (Інститут проблем кріобіології та кріомедицини Національної академії наук України; білково-пептидні комплекси, що виділені з плаценти сільськогосподарських тварин за рахунок процесів кріокавітації та кріоконцентрації), ПЕО (кріопротектор), суспензійної культуру клітин мікроводоростей *Coelastrella thermophila* var. *globulina* за її культивування на поживному середовищі BG-11. Встановлено, що використання для обробки насіння препаратів зі стимулюючою дією (Аміноплацентин, Ліпоплацентин, Кріоплацентин, ПЕО-1000 та екстракт *Coelastrella thermophila* var. *globulina*) забезпечує істотне підвищення висоти рослин помідору в межах 9,7-15,9 %, кількості листків на головному стеблі на 8,6-12,2 %, кількості стебел першого порядку на 16,6-28,5 %, кількості китиць на головному стеблі – на 15,7-22,0 %. Найбільший позитивний вплив на зазначені біометричні параметри забезпечувало використання препаратів Аміноплацентин, Ліпоплацентин, Кріоплацентин, ПЕО-1000, що зумовлювало також збільшення урожайності насіння помідору в середньому за роки досліджень на 4,22-18,28 кг/га або 9,84-42,61 % за урожайності на контролі 42,9 кг/га. Максимальний рівень урожайності насіння забезпечує використання препарату-кріопротектору ПЕО-1000 (61,18 кг/га). Зазначено тенденцію підвищення енергії проростання насіння за використання препаратів Аміноплацентин, Ліпоплацентин, Кріоплацентин та ПЕО-1000 (95,8-96,6 %) та тенденцію підвищення лабораторної схожості за використання всіх препаратів, що було взято на дослідження (98,0-98,5 %).

Ключові слова: помідор, регулятори росту, урожайність насіння, біометричні параметри рослин, посівні якості насіння.

Вступ. Стимулювання ростових процесів сільськогосподарських культур є одним із ключових напрямів підвищення їх продуктивності та покращення якісних характеристик урожаю. Заходи зі стимуляції здійснюють впродовж усіх етапів онтогенезу рослин, проте найвищу ефективність відзначають у ювенільний період розвитку.

З розвитком напрямку органічного землеробства актуальності набуває пошук альтернатив синтетичним регуляторам росту рослин, препаратів та добрив зі стимулюючим ефектом, які отримано з рослинної або тваринної сировини, та мають високу ефективність використання.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. До групи стимуляторів росту належать різні сполуки та мікроорганізми, які наносять на насіння, кореневу систему або вегетативні органи з метою активації природних фізіолого-біохімічних процесів, підвищення ефективності використання елементів живлення чи стійкості до абіотичних чинників, незалежно від рівня мінерального забезпечення рослин [1-3].

Нині високу ефективність демонструють стимулятори природного походження, зокрема гумінові та фульвокислоти [4, 5]. За даними Zandonadi D.B. et al. [6] гумінові речовини здатні змінювати електрохімічний потенціал клітинних мембран шляхом регуляції протонних насосів. У дослідженнях Aminifard M.R. et al. [7] встановлено, що застосування фульвокислот при вирощуванні солодкого перцю сприяло підвищенню антиоксидантної активності плодів, вмісту фенольних сполук, вуглеводів і каротиноїдів, не впливаючи при цьому на кількість флавоноїдів та аскорбінової кислоти.

Високий стимулюючий ефект також мають препарати на основі амінокислот, хітозану, екстрактів морських водоростей і гумінових сполук [8]. Екстракти морських водоростей є джерелом цінних біологічно активних речовин - ліпідів, білків, полісахаридів, фітогормонів, амінокислот і протимікробних компонентів, що зумовлюють їх виражену стимулюючу дію [9-11].

Carvalho M.E.A. et al. [12] показали, що використання екстрактів водоростей підвищує життєздатність насіння квасолі та сприяє нагромадженню проліну в листках за умов посухи. У той же час, за даними De Oliveira S.M. et al. [13], застосування стимуляторів на основі гумінових і фульвокислот, екстрактів *Ascophyllum nodosum* та регуляторів росту з цитокініном, гібереліном і ауксином не мало істотного впливу на розвиток кореневої системи чи співвідношення «пагін : корінь».

Препарати, що містять білкові гідролізати, проявляють виражену антистресову дію. Їх застосування стимулює ріст рослин, активізує засвоєння поживних речовин, сприяє підвищенню врожайності та покращенню розвитку кореневої системи й асиміляційного апарату [5, 14, 15].

Дослідження Vendruscolo E.P. et al. [16] довели, що обробка насіння перцю солодкого розчинами гіберелової кислоти в концентрації 0,5–2,5 мг/л підвищує лабораторну та польову схожість, скорочує середній час проростання і збільшує швидкість появи сходів. При концентрації 2,5 мг/л відзначено стимулювання розвитку кореневої системи. Подібні

результати отримано і для гуньби сінної (*Trigonella foenum-graecum* L.), де застосування гіберелової кислоти сприяло збільшенню листкової маси та врожайності [17].

Отже, метою наших досліджень є встановлення ефективності використання регуляторів росту для підвищення насінневої продуктивності помідору в умовах відкритого ґрунту Лівобережного Лісостепу України.

Матеріал та методика досліджень. Дослідження реалізовано впродовж 2023-2025 років в Інституті овочівництва і баштанництва НААН (Харківська область, Україна).

Ґрунт дослідної ділянки - чорнозем типовий малогумусний важкосуглинковий на лесовидному суглинку (вміст гумусу в орному шарі 3,89%, нітратного азоту 23,5 мг/кг, легкогідролізованого азоту 135 мг/кг, рухомого фосфору 115-156 мг та обмінного калію 134-188 мг/кг ґрунту, рН солове - 5,6-6,5).

Схема досліджень включала різні варіанти обробки насіння перед посівом в плівковій теплиці:

- 1) обробка водою (контроль);
- 2) обробка Аміноплацентином з нормою витрати 0,5 мл на 3 г насіння;
- 3) обробка Ліпоплацентином з нормою витрати 0,5 мл на 3 г насіння;
- 4) обробка Кріоплацентином з нормою витрати 0,5 мл на 3 г насіння;
- 5) обробка кріопротектором Поліетиленоксид марки 1000 (ПЕО-1000) з нормою витрати 0,5 мл на 3 г насіння;
- 6) обробка суспензійною культурою клітин мікроводоростей *Coelastrella thermophila* var. *globulina* з нормою витрати 0,5 мл на 3 г насіння.

Препарати Аміноплацентин, Ліпоплацентин та Кріоплацентин (Інститут проблем кріобіології та кріомедицини Національної академії наук України) отримано на спеціалізованому кріогенному комплексі молекулярного фракціонування для обробки біологічних матеріалів. Оброблений матеріал (плацента сільськогосподарських тварин) подрібнювався до мікронних розмірів, піддавався сублімаційному сушінню, молекулярному фракціонуванню та низькотемпературній екстракції жиророзчинних вітамінів та ліпідних фракцій [18]. На заключних етапах обробки білково-пептидні комплекси виділялися за допомогою пристроїв для програмованих протоколів кріокавітації та кріоконцентрації.

Аміноплацентин – це водна фракція, що містить амінокислоти, вітаміни, мікроелементи та вуглеводи. Кріоплацентин – це білково-пептидна фракція, що виробляється за допомогою кавітаційних технологій з шроту, що залишився після холодної екстракції, та містить

амінокислоти, пептиди, нуклеїнові кислоти, гексуронові кислоти, полісахариди, вітаміни та мікроелементи. Ліпоплацентин – ліпідна фракція, яку отримано в процесі екстракції зрідженими газами, до складу якої входить комплекс біологічно активних речовин (гексози, есенціальні фосфоліпіди, тригліцериди, вітаміни та мікроелементи).

Поліетиленоксид (ПЕО) – уявляє собою синтетичний водорозчинний полімер, який широко використовується як сполучна речовина в агрохімії та для зменшення гідродинамічного опору.

Суспензійну культуру клітин мікроводоростей *Coelastrella thermophila* var. *globulina* отримали в Інституті проблем кріобіології і кріомедицини НАН України за її культивування на поживному середовищі BG-11 [19].

Дослідження проведено згідно методики дослідної справи в овочівництві [20]. В досліді проведено облік біометричних параметрів рослин помідору (висота рослин, кількість листків та китиць на головному стеблі, кількість стебел першого порядку), урожайності насіння та його посівних властивостей. Статистичну обробку результатів дослідження реалізовано методом дисперсійного аналізу [21].

Результати досліджень та їх обговорення. В результаті проведення досліджень відмічена позитивна дія регуляторів росту на біометричні параметри рослин помідору (табл. 1). Всі регулятори росту, що було використано в дослідженнях, забезпечували істотне підвищення висоти рослин помідору в межах 9,7-15,9 %. Максимальний ефект досягнуто за використання для обробки насіння екстракту *Coelastrella thermophila* var. *globulina*.

Також зазначено позитивний вплив на збільшення кількості листків на головному стеблі рослин помідору. В середньому даний показник збільшувався на 1,2-1,7 шт./рослину або на 8,6-12,2 %. Більша кількість листків на головному стеблі формувалася за використання Липоплацентину, Кріоплацентину, а також ПЕО-1000 (1,5-15,6 шт./рослину).

Зі зростанням кількості листків на головному стеблі збільшується кількість міжвузлія та, як наслідок, формується більше стебел першого порядку. За використання регуляторів росту відмічається збільшення кількості стебел першого порядку відносно контролю на 0,64-1,1 шт./рослину або на 16,6-28,5 %. Максимальний вплив на даний параметр забезпечує застосування Липоплацентину та *Coelastrella thermophila* var. *globulina* (4,69-4,96 шт./рослину).

1. Вплив регуляторів росту на деякі біометричні параметри рослин помідора (середнє за 2023-2025 рр.)

Обробка насіння	Біометричні параметри рослин			
	Висота рослин, см	Кількість листків на головному стеблі, шт.	Кількість стебел 1-го порядку, шт.	Кількість китиць на головному стеблі, шт.
1. Вода (контроль)	81,3	13,9	3,86	4,28
2. Аміноплацентін	89,2	15,2	4,50	5,00
3. Липоплацентин	91,5	15,6	4,96	5,22
4. Кріоплацентин	90,7	15,5	4,49	5,07
5. ПЕО-1000	91,9	15,6	4,60	5,07
6. <i>Coelastrella thermophila</i> var. <i>globulina</i>	94,2	15,1	4,69	4,95
НІР _{0,95} за роками	6,14; 7,22; 7,65	1,22; 1,35; 1,28	0,43; 0,44; 0,48	0,51; 0,48; 0,46

За використання регуляторів росту підвищується також кількість китиць на головному стеблі з 4,28 шт./рослину до рівня 4,95-5,22 шт./рослину. Максимальне значення даного параметру забезпечує використання Липоплацентину (перевищення відносно контролю становить 22,0 %).

За рахунок позитивного впливу на біометричні параметри рослин помідору регулятори росту забезпечують підвищення урожайності насіння помідору (рис. 1). В 2023 році істотне зростання урожайності відмічено за обробки насіння Липоплацентином, Кріоплацентином та ПЕО-1000 (прирости урожайності знаходилися на рівні 9,06-17,82 кг/га або 20,9-41,1 %).

Подібна закономірність зазначається і для умов 2024 року. Використання Липоплацентину, Кріоплацентину та ПЕО-1000 сприяє істотному підвищенню урожайності насіння помідору на 10,74-26,38 кг/га або на 18,0-44,2 %. В 2024 році склалися оптимальні умови для формування взагалі високого рівня урожайності насіння культури серед років дослідження.

Найменший рівень урожайності було відзначено в 2025 році. В середньому урожайність насіння коливалася в межах 25,64-36,28 кг/га. Істотне підвищення урожайності зазначено за використання для обробки насіння Аміноплацентину, Липоплацентину, Кріоплацентину та ПЕО-1000 (прирости урожайності знаходилися на рівні 4,65-10,64 кг/га або 18,1-41,5 %). Максимальне зростання урожайності забезпечує обробка ПЕО-1000.

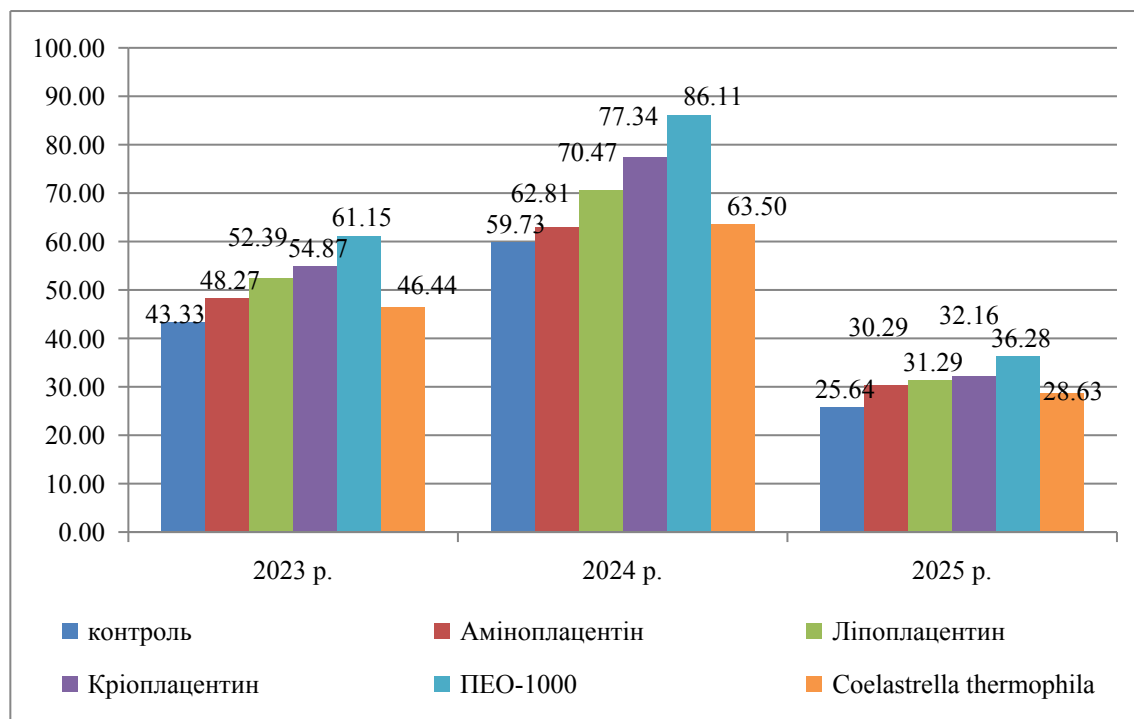


Рис. 1. Вплив регуляторів росту на урожайність насіння помідору, кг/кг (2023-2025 pp.): $НІР_{0,95}$ 2023 p. = 5,03 кг/га; $НІР_{0,95}$ 2024 p. = 6,89 кг/га; $НІР_{0,95}$ 2025 p. = 3,36 кг/га

Використання зазначених препаратів (Аміноплацентин, Липоплацентин, Кріоплацентин, ПЕО-1000) забезпечує істотне підвищення урожайності і в середньому за роки досліджень (табл. 2). Прирости становили 4,22-18,28 кг/га або 9,84-42,61 % за урожайності насіння на контролі 42,9 кг/га. Максимальний рівень урожайності насіння помідору забезпечує використання препарату ПЕО-1000 (61,18 кг/га).

2. Вплив регуляторів росту на урожайність насіння помідора, (середнє за 2023-2025 pp.)

Обробка насіння	Урожайність насіння, кг/га	Приріст	
		кг/га	%
1. Вода (контроль)	42,90	-	-
2. Аміноплацентін	47,12	4,22	9,84
3. Липоплацентин	51,38	8,48	19,77
4. Кріоплацентин	54,79	11,89	27,72
5. ПЕО-1000	61,18	18,28	42,61
6. <i>Coelastrella thermophila</i> var. <i>globulina</i>	46,19	3,29	7,67

Разом зі зростанням урожайності насіння за використання регуляторів росту зазначається також позитивна тенденція щодо покращення посівних якостей отриманого насіння (табл. 3). Встановлено тенденцію щодо підвищення енергії проростання насіння за використання препаратів Аміноплацентин, Липоплацентин, Кріоплацентин та ПЕО-1000 (95,8-96,6 %), та тенденцію до збільшення лабораторної схожості за використання всіх регуляторів росту, що було взято на дослідження (98,0-98,5 %). Подібні результати отримано і в наукових дослідженнях інших вчених, де за рахунок використання різних регуляторів росту відмічалось покращення посівних якостей насіння ряду овочевих рослин [22-24].

3. Зміни посівних якостей насіння помідору за обробки регуляторами росту (середнє за 2023-25 рр.)

Обробка насіння	Енергія проростання, %	Лабораторна схожість, %
1. Вода (контроль)	94,2	97,4
2. Аміноплацентин	96,1	98,4
3. Липоплацентин	96,6	98,3
4. Кріоплацентин	95,8	98,0
5. ПЕО-1000	96,2	98,5
6. <i>Coelastrella thermophila</i> var. <i>globulina</i>	94,8	98,3

Стимулюючий ефект обробки насіння водними розчинами можна пояснити активацією різних біологічних процесів під час зволоження насіння. За такого технологічного заходу активуються різні гідролітичні ферменти, зокрема альфа-амілаза, а також антиоксидантні ферменти (супероксиддисмутаза, каталаза та пероксидаза), посилюється експресія білків, що беруть участь у реакціях на водний та теплові стреси, та мобілізуються вуглеводи в ендоспермі насіння. Такі процеси активації порушують стан спокою насіння, що призводить до прискореного проростання та підвищення схожості [25].

Можна очікувати, що біологічно активні речовини, зокрема амінокислоти, у досліджуваних розчинах плаценти тварин функціонуватимуть як регулятори проростання та росту рослин. Наприклад, обробка проліном насіння салату (*Lactuca sativa* L.) забезпечує нормальну фотосинтетичну здатність та поглинання елементів живлення розсадою за кадмієвого стресу [26].

Інші амінокислоти також можуть модулювати проростання та ріст рослин. Триптофан, як сигнальна молекула, опосередковує багато фізіологічних реакцій у рослин. Обробка насіння соняшнику (*Helianthus annuus* L.) триптофаном мінімізувало перекисне окислення ліпідів та

збільшувало довжину коренів і пагонів, масу коренів і пагонів, схожість насіння, середню площу листя та інші параметри [27].

Обробка аргініном (попередник для біосинтезу поліамінів та оксиду азоту в рослинах) насіння перцю (*Capsicum annuum* L.) збільшила швидкість проростання та сприяла розвитку коренів на ранніх стадіях вегетації [28]. Аспарагінова кислота, глутамін, лізин, метіонін, фенілаланін та тирозин також можуть стимулювати проростання [29].

Перспективним напрямом є використання екстрактів мікроводоростей як біологічно активних агентів для підвищення енергії проростання, стимуляції росту та розвитку проростків, підвищення стійкості рослин до абіотичних стресів [30]. Так, *Coelastrella thermophila* var. *globulina* є представником зелених мікроводоростей, для яких характерна висока стійкість до стресових умов середовища (температурні коливання та інтенсивність освітлення). Даний штам накопичує значні об'єми біологічно активних сполук (пігменти, амінокислоти, вітаміни, фітогормони), що визначає його потенціал як природного біостимулятора [31].

Висновки. Отже, використання для обробки насіння препаратів зі стимулюючою дією (Аміноплацентин, Липоплацентин, Кріоплацентин, ПЕО-1000 та екстракт *Coelastrella thermophila* var. *globulina*) забезпечує істотне підвищення висоти рослин помідору в межах 9,7-15,9 %, кількості листків на головному стеблі на 8,6-12,2 %, кількості стебел першого порядку на 16,6-28,5 %, кількості китиць на головному стеблі – на 15,7-22,0 %.

Найбільший позитивний вплив на зазначені біометричні параметри забезпечувало використання препаратів Аміноплацентин, Липоплацентин, Кріоплацентин, ПЕО-1000, що зумовлювало також збільшення урожайності насіння помідору в середньому за роки досліджень на 4,22-18,28 кг/га або 9,84-42,61 % за урожайності на контролі 42,9 кг/га. Максимальний рівень урожайності насіння забезпечує використання препарату-кріопротектору ПЕО-1000 (61,18 кг/га).

Зазначено тенденцію підвищення енергії проростання насіння за використання препаратів Аміноплацентин, Липоплацентин, Кріоплацентин та ПЕО-1000 (95,8-96,6 %) та тенденцію підвищення лабораторної схожості за використання всіх препаратів, що було взято на дослідження (98,0-98,5 %).

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Вплив регуляторів росту рослин на стимуляцію процесів проростання насіння пшениці озимої / О. П. Волощук та ін. Передгірне та гірське землеробство і тваринництво. 2014. 56 (2). С. 9–15

2. Traon D., Laurence A., Ferdinand Z., Du Jardin P. A legal framework for plant biostimulants and agronomic fertilizer additives in the EU. *Report for the European Commission, Enterprise & Industry Directorate – General*. 2014. URL: <http://publications.europa.eu/resource/cellar/dbeffd43-98a5-4e39-a930-7dfa21816f8c.0001.02/DOC>.

3. Shevchuk O. A., Kravets O. O., Shevchuk V. V. and et. Features of leaf mesostructure organization under plant growth regulators treatment on broad bean plants. *Modern Phytomorphology*. 2020. 14. P. 104-106.

4. Canellas L.P., Olivares F.L., Aguiar N.O., Jones D.L., Nebbioso A., Mazzei P., Picollo A. Humic and fulvic acids as biostimulants in horticulture. *Scientia Horticulturae*. 2015. 196. P. 15-17. DOI: 10.1016/j.scienta.2015.09.013

5. Nardi S., Pizzeghello D., Schiavon M., Ertani A. Plant biostimulants: physiological responses induced by protein hydrolyzed-based products and humic substances in plant metabolism. *Science in Agriculture*. 2016. 73. P. 18-23. DOI: 10.1590/0103-9016-2015-0006

6. Zandonadi D.B., Santos M.P., Caixeta L.S., Marinho E.B., Peres L.E. P., Faanha A.R. Plant proton pumps as markers of biostimulant action. *Science in Agriculture*. 2016. 73. P. 24-28. DOI: 10.1590/0103-9016-2015-0076

7. Aminifard M.H., Aroiee H., Nemati H., Majid A., Jaafar H.Z. Fulvic acid affects pepper antioxidant activity and fruit quality. *African Journal of Biotechnology*. 2012. 11. P. 13179-13185. DOI: 10.5897/AJB12.1507.

8. Abbott L.K., Macdonald L.M., Wong M.T.F., Webb M.J., Jenkins S.N., Farrell M. Potential roles of biological amendments for profitable grain production – A review. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2018. 256. P. 34-50. DOI: 10.1016/j.agee.2017.12.021

9. Craigie J.S. Seaweed extract stimuli in plant science and agriculture. *Journal of Applied Phycology*. 2011. 23. P. 371-393. DOI: 10.1007/s10811-010-9560-4

10. Sharma H.S.S., Fleming C., Selby C., Rao J.R., Martin T. Plant biostimulants: A review on the processing of macroalgae and use of extracts for crop management to reduce abiotic and biotic stresses. *Journal of Applied Phycology*. 2014. 26. P. 465-490. DOI: 10.1007/s10811-013-0101-9

11. Gangur V.V., Yeremko L.S., Kocherga A.A. Efficacy of biostimulants under pre-sowing treatment of sunflower seeds. *Bulletin of the Poltava State Agrarian Academy*. 2020. (2). P. 36-42. DOI: 10.31210/visnyk2020.02.04

12. Carvalho M.E.A., Castro P.R.C., Novembre A.D.C., Chamma H.M.C.P. Seaweed ex-tracts improves the vigor and provides the rapid emergence of dry bean seeds. *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences*. 2013. 13(8). P. 1104-1107. DOI: 10.5829/idosi.aejaes.2013.13.08.11015

13. De Oliveira S.M., Umburanas R.C., Pereira R.G. et al. Biostimulants via seed treatment in the promotion of common bean (*Phaseolus vulgaris*) root growth. *Applied research & agrotechnology*. 2017. 10 (3). P. 109-114

14. Colla G., Rouphael Y., Canaguier R., Svecova E., Cardarelli M. Biostimulant action of a plant-derived protein hydrolysate produced through enzymatic hydrolysis. *Frontiers in Plant Science*. 2014. 5. P. 1-6. DOI: 10.3389/fpls.2014.0044815.

15. De Pascale S., Rouphael Y., Colla G. Plant biostimulants: innovative tool for enhancing plant nutrition in organic farming. *European Journal of Horticultural Science*. 2017. 82. P. 277-285. DOI: 10.17660/eJHS.2017/82.6.2

16. Vendruscolo E.P., Cardoso Campos L.F., Batista Martins A.P. et al. GA(3) in tomato seeds: effects on seed germination and early seedling development. *Revista de agricultura neo tropical*. 2016. 3(4). P. 19-23.

17. Tufail M., Hussain K., Iqbal I. Efficacy of IAA, GA(3) and Riboflavin for Morpho-biochemical and Yield Attributes of Fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) in Pakistan. *Legume research*. 2020. 43 (6). P. 780-787.

18. Osetsky A. I., Grischenko V. I., Goltsev A. N., Kravchenko M. A., Stryuchkova E. V. Cryogenic technologies in production of pharmaceutical, cosmetic, agrotechnical formulations and biologically active food additives. *Problems of Cryobiology and Cryomedicine*. 2009. 19(4). P. 488-499.

19. Pandey S., Narayanan I., Vinayagam R., Selvaraj R., Varadavenkatesan T., Pugazhendhi A. A review on the effect of blue green 11 medium and its constituents on microalgal growth and lipid production. *Journal of Environmental Chemical Engineering*. 2023. 11(3). 109984.

20. Бондаренко Г.Л., Яковенко К.І. Методика дослідної справи в овочівництві і баштанництві. Харків: Основа, 2011. 369 с.

21. Дослідна справа в агрономії: навчальний посібник. в 2 кн. Книга 2. Статистична обробка результатів досліджень. / А.О. Рожков, В.К. Пузік, С.М. Каленська та ін. Харків: Мацдан, 2016. 314 с.

22. Khodanitska O., Tkachuk O., Shevchuk O., Matviichuk O., Pohorila L. Influence of growth regulator on seed germination of agricultural crop. *Feeds and Feed Production*. 2023. 96. P. 102-109. DOI: 10.31073/kormovyrobnytstvo202396-10

23. Строяновський В. Фенхель звичайний в умовах Лісостепу. *Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України*. 2021. 7 (41). С. 231-239.

24. Liashenko V., Korotkova I., Romanets H. The effect of growth stimulants on the seed vigour, germination and biometric indices of carrot plants. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*. 2022. 4. P. 41-48. DOI: 10.31210/visnyk2022.04.05

25. Farooq M., Usman M., Nadeem F., ur Rehman H., Wahid A., Basra S. M., Siddique K. H. Seed priming in field crops: Potential benefits, adoption and challenges. *Crop and Pasture Science*. 2019. 70(9). P. 731-771.

26. Selović A., Karalija E., Demir A., Parić, A., Šamec D. The effect of hydro-priming and proline priming of lettuce (*Lactuca sativa* L.) seeds on germination, photosynthetic pigments and metal metabolism under cadmium stress. *Agriculture*. 2023. 13(8). 1472.

27. Hussain M., Kaousar R., Ali S., Shan C., Wang G., Wang S., Lan Y. Tryptophan seed treatment improves morphological, biochemical, and photosynthetic attributes of the sunflower under cadmium stress. *Plants*. 2024. 13(2). 237.

28. Barcanu E., Paschalidis K., Vîătoru C., Dobre O., Gherase I., Tănase B., Negosanu G., Draghici E. The effects of seed priming with L-glutamine and L-arginine amino acids in pepper seeds. Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca. *Horticulture*. 2020. 77. 122.

29. Sowmya R. S., Warke V. G., Mahajan G. B., Annapure U. S. Effect of amino acids on growth, elemental content, functional groups, and essential oils composition on hydroponically cultivated coriander under different conditions. *Industrial Crops and Products*. 2023. 197. 116577.

30. Кірсанова В. В. Доцільність обробітку та використання мікроводоростей (*Chlorella*) як органічних добрив. *Екологічні науки*. (2020). 1. P. 311-315.

31. Boutarfa S., Senoussi M. M., Gonzalez-Silvera D., López-Jiménez J. Á., Aboal M. The Green Microalga *Coelastrella thermophila* var. *globulina* (Scenedesmaceae, Chlorophyta) isolated from an Algerian hot spring as a potential source of fatty acids. *Life*. 2022. 12(4). 560.

REFERENCES

1. Voloshchuk, O. P. et al. (2014). The effect of plant growth regulators on the stimulation of winter wheat seed germination processes. *Foothill and mountain agriculture and animal husbandry*, 56 (2), 9-15.

2. Traon, D., Laurence, A., Ferdinand, Z., Du Jardin, P. (2014). A legal framework for plant biostimulants and agronomic fertilizer additives in the EU. *Report for the European Commission, Enterprise & Industry Directorate – General*. URL: http://publications.europa.eu/resource/cellar/dbeffd43-98a5-4e39-a930-7dfa21816f8c.0001.02/DOC_

3. Shevchuk, O. A., Kravets, O. O., Shevchuk, V. V. and et. Features of leaf mesostructure organization under plant growth regulators treatment on broad bean plants. *Modern Phytomorphology*. 2020. 14. PP. 104-106.

4. Canellas, L.P., Olivares, F.L., Aguiar, N.O., Jones, D.L., Nebbioso, A., Mazzei, P., Picollo, A. (2015). Humic and fulvic acids as biostimulants in

horticulture. *Scientia Horticulturae*. 196, 15-17. DOI: 10.1016/j.scienta.2015.09.013

5. Nardi, S., Pizzeghello, D., Schiavon, M., Ertani, A. (2016). Plant biostimulants: physiological responses induced by protein hydrolyzed-based products and humic substances in plant metabolism. *Science in Agriculture*, 73, 18-23. DOI: 10.1590/0103-9016-2015-0006

6. Zandonadi, D.B., Santos, M.P., Caixeta, L.S., Marinho, E.B., Peres, L.E. P., Faanha, A.R. (2016). Plant proton pumps as markers of biostimulant action. *Science in Agriculture*, 73, 24-28. DOI: 10.1590/0103-9016-2015-0076

7. Aminifard, M.H., Aroiee, H., Nemati, H., Majid, A., Jaafar, H.Z. (2012). Fulvic acid affects pepper antioxidant activity and fruit quality. *African Journal of Biotechnology*, 11, 13179-13185. DOI: 10.5897/AJB12.1507.

8. Abbott, L.K., Macdonald, L.M., Wong, M.T.F., Webb, M.J., Jenkins, S.N., Farrell, M. (2018). Potential roles of biological amendments for profitable grain production – A review. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 256, 34-50. DOI: 10.1016/j.agee.2017.12.021

9. Craigie, J.S. (2011). Seaweed extract stimuli in plant science and agriculture. *Journal of Applied Phycology*, 23, 371-393. DOI: 10.1007/s10811-010-9560-4

10. Sharma, H.S.S., Fleming, C., Selby, C., Rao, J.R., Martin, T. (2014). Plant biostimulants: A review on the processing of macroalgae and use of extracts for crop management to reduce abiotic and biotic stresses. *Journal of Applied Phycology*, 26, 465-490. DOI: 10.1007/s10811-013-0101-9

11. Gangur, V.V., Yermenko, L.S., Kocherga, A.A. (2020). Efficacy of biostimulants under pre-sowing treatment of sunflower seeds. *Bulletin of the Poltava State Agrarian Academy*. (2), 36-42. DOI: 10.31210/visnyk2020.02.04

12. Carvalho, M.E.A., Castro, P.R.C., Novembre, A.D.C., Chamma, H.M.C.P. (2013). Seaweed ex-tracts improves the vigor and provides the rapid emergence of dry bean seeds. *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences*, 13(8), 1104-1107. DOI: 10.5829/idosi.aejas.2013.13.08.11015

13. De Oliveira, S.M., Umburanas, R.C., Pereira, R.G. et al. (2017). Biostimulants via seed treatment in the promotion of common bean (*Phaseolus vulgaris*) root growth. *Applied research & agrotechnology*, 10 (3), 109-114

14. Colla, G., Rouphael, Y., Canaguier, R., Svecova, E., Cardarelli, M. (2014). Biostimulant action of a plant-derived protein hydrolysate produced through enzymatic hydrolysis. *Frontiers in Plant Science*, 5, 1-6. DOI: 10.3389/fpls.2014.0044815.

15. De Pascale, S., Roupheal, Y., Colla, G. (2017). Plant biostimulants: innovative tool for enhancing plant nutrition in organic farming. *European Journal of Horticultural Science*, 82, 277-285. DOI: 10.17660/eJHS.2017/82.6.2
16. Vendruscolo, E.P., Cardoso Campos, L.F., Batista Martins, A.P. et al. (2016). GA(3) in tomato seeds: effects on seed germination and early seedling development. *Revista de agricultura neo tropical*, 3(4), 19-23.
17. Tufail, M., Hussain, K., Iqbal, I. (2020). Efficacy of IAA, GA(3) and Riboflavin for Morpho-biochemical and Yield Attributes of Fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) in Pakistan. *Legume research*, 43 (6), 780-787.
18. Osetsky, A. I., Grischenko, V. I., Goltsev, A. N., Kravchenko, M. A., Stryuchkova, E. V. (2009). Cryogenic technologies in production of pharmaceutical, cosmetic, agrotechnical formulations and biologically active food additives. *Problems of Cryobiology and Cryomedicine*, 19(4), 488-499.
19. Pandey, S., Narayanan, I., Vinayagam, R., Selvaraj, R., Varadavenkatesan, T., & Pugazhendhi, A. (2023). A review on the effect of blue green 11 medium and its constituents on microalgal growth and lipid production. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 11(3), 109984.
20. Bondarenko, G.L., Yakovenko, K.I. (Ed). Methodology of research work in vegetable growing and melon growing. Kharkiv: Osnova, 2001. 369 p.
21. Research work in agronomy: textbook: in 2 books. Book 2. Statistical processing of the results of agronomic research / A.O. Rozhkov, V.K. Puzik, S.M. Kalenska and others. Kharkiv: Maidan, 2016. 314 p.
22. Khodanitska, O., Tkachuk, O., Shevchuk, O., Matviichuk, O., Pohorila, L. (2023). Influence of growth regulator on seed germination of agricultural crop. *Feeds and Feed Production*, 96, 102-109. DOI: 10.31073/kormovyrobnytstvo202396-10
23. Stroyanovsky V. (2021). Fennel seeds in the forest-steppe. Technical and technological aspects of development and testing of new machinery and technologies for agriculture in Ukraine, 27 (41), 231-239.
24. Liashenko, V., Korotkova, I., Romanets, H. (2022). The effect of growth stimulants on the seed vigour, germination and biometric indices of carrot plants. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 4, 41-48. DOI: 10.31210/visnyk2022.04.05
25. Farooq, M., Usman, M., Nadeem, F., ur Rehman, H., Wahid, A., Basra, S. M., & Siddique, K. H. (2019). Seed priming in field crops: Potential benefits, adoption and challenges. *Crop and Pasture Science*, 70(9), 731-771.
26. Selović, A., Karalija, E., Demir, A., Parić, A., & Šamec, D. (2023). The effect of hydro-priming and proline priming of lettuce (*Lactuca sativa* L.) seeds on germination, photosynthetic pigments and metal metabolism under cadmium stress. *Agriculture*, 13(8), 1472.

27. Hussain, M., Kaousar, R., Ali, S., Shan, C., Wang, G., Wang, S., & Lan, Y. (2024). Tryptophan seed treatment improves morphological, biochemical, and photosynthetic attributes of the sunflower under cadmium stress. *Plants*, 13(2), 237.

28. Barcanu, E., Paschalidis, K., Vîntoru, C., Dobre, O., Gherase, I., Tănase, B., Negosanu, G., & Draghici, E. (2020). The effects of seed priming with L-glutamine and L-arginine amino acids in pepper seeds. *Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca, Horticulture*, 77, 122.

29. Sowmya, R. S., Warke, V. G., Mahajan, G. B., & Annapure, U. S. (2023). Effect of amino acids on growth, elemental content, functional groups, and essential oils composition on hydroponically cultivated coriander under different conditions. *Industrial Crops and Products*, 197, 116577.

30. Kirsanova, V. V. (2020). The feasibility of cultivating and using microalgae (*Chlorella*) as organic fertilizers. *Ecological Sciences*, 1, 311-315.

31. Boutarfa, S., Senoussi, M. M., Gonzalez-Silvera, D., López-Jiménez, J. Á., & Aboal, M. (2022). The Green Microalga *Coelastrella thermophila* var. *globulina* (Scenedesmaceae, Chlorophyta) isolated from an Algerian hot spring as a potential source of fatty acids. *Life*, 12(4), 560.

M.O. Shapko, postgraduate student

Institute of Vegetable and Melon Growing of NAAS (Ukraine)

O.V. Kuts, Doctor of Agricultural Sciences, Senior Researcher

State Biotechnological University (Kharkiv, Ukraine)

Use of growth regulators to increase tomato seed productivity

The aim of the study was to determine the effectiveness of growth regulators in increasing seed productivity of tomato under open-field conditions of the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine. Field experiments were conducted at the Institute of Vegetable and Melon Growing of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine using the preparations Aminoplacentin, Lipoplacentin, and Cryoplacentin (protein-peptide complexes isolated from the placenta of farm animals through cryocavitation and cryoconcentration; Institute for Problems of Cryobiology and Cryomedicine of the National Academy of Sciences of Ukraine), PEO (a cryoprotectant), and a suspension culture of the microalga *Coelastrella thermophila* var. *globulina* grown in BG-11 medium. It was established that seed treatment with stimulatory preparations (Aminoplacentin, Lipoplacentin, Cryoplacentin, PEO-1000, and *Coelastrella thermophila* var. *globulina* extract) significantly increased tomato plant height by 9.7–15.9%, the number of leaves on the main stem by 8.6–12.2%, the number of first-order shoots by 16.6–28.5%, and the number of inflorescences on the main stem by 15.7–22.0%. The greatest positive effect on these biometric parameters was observed with Aminoplacentin, Lipoplacentin, Cryoplacentin, and PEO-1000, which also increased tomato seed yield by 4.22–18.28 kg/ha, or 9.84–42.61%, relative to the control yield of 42.9 kg/ha. The highest seed yield was obtained with the cryoprotective preparation PEO-1000 (61.18 kg/ha). A trend toward increased germination energy was recorded when using Aminoplacentin, Lipoplacentin,

Cryoplacentin, and PEO-1000 (95.8–96.6%), along with improved laboratory germination across all tested preparations (98.0–98.5%).

Keywords: tomato, growth regulators, seed yield, plant biometric parameters, seed quality.

УДК: 635.64; 634.8.044

DOI 10.5281/zenodo.18538074

О.В. Хареба, здобувач*

Національний університет біоресурсів і природокористування України

*Науковий керівник – кандидат с.-г. наук, доцент О. М. Цизь

БІОЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОЩУВАННЯ ІНДЕТЕРМІНАНТНИХ ГІБРИДІВ ПОМІДОРУ В СКЛЯНИХ ЗИМОВИХ ТЕПЛИЦЯХ

Метою дослідження було встановлення біоенергетичної ефективності вирощування індетермінантних гібридів помідора у скляних зимових теплицях. Експериментальні дослідження включали три окремі напрями: 1) добір індетермінантних гібридів помідора для умов зимових теплиць; 2) оцінювання ефективності сорто-підщепних комбінувань індетермінантних гібридів; 3) визначення впливу способів формування рослин на продуктивність та біоенергетичну ефективність гібриду Мерліс F₁. Встановлено, що під час вирощування індетермінантних гібридів помідора у зимових скляних теплицях основними статтями енергетичних витрат є опалення та електроенергія (63,0 %) і трудові ресурси (22,2 %). Застосування гібридів Максінато F₁, Мерліс F₁ та Тореро F₁ сприяє підвищенню енергії, акумульованої в урожаї, на 15,3–24,7 % та збільшенню коефіцієнта біоенергетичної ефективності до рівня 2,01–2,08. Використання сорто-підщепних комбінувань (прищепи Мерліс F₁ та Тореро F₁ на підщепках Максінато F₁, ТД-1 F₁ та Емператор F₁) забезпечує підвищення енергетичного потенціалу врожаю на 11,5–22,6 % (на 3,94–8,38 МДж/м²) та формування коефіцієнта біоенергетичної ефективності на рівні 2,15–2,55. За вирощування гібриду Мерліс F₁ з формуванням рослин у два стебла (після 3-ї китиці на кожній другій рослині у маті та після 9-ї — на кожній четвертій) відзначено істотне зростання акумульованої в урожаї енергії (на 16,9 %), що забезпечує отримання коефіцієнта біоенергетичної ефективності 2,28. Запропоновані технологічні прийоми доцільно впроваджувати у практику овочівництва закритого ґрунту в Україні.

Ключові слова: помідор, скляна зимова теплиця, гібриди, сорто-підщепні комбінування, коефіцієнт біоенергетичної ефективності.

Вступ. Сільське господарство стикається не лише зі зростанням населення світу, але й з додатковою проблемою глобальної зміни клімату та її впливу на системи сільськогосподарського виробництва [1]. Міжнародна інституція ФАО пропонує збільшити сільськогосподарське виробництво на 70% впродовж наступних 30 років, щоб задовольнити попит і продовольчі тенденції споживачів. Потрібно збільшити не лише кількість вироблених продуктів харчування, а також забезпечити

покращення якості, насамперед вміст в продукції поживних та біологічно активних речовин для підтримки зростаючого населення [2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. З економічної точки зору, помідор, як найпоширеніший овоч у світі, займають значне місце в сільськогосподарській галузі [3-5], будучи основним продуктом харчування багатьох людей у світі [6]. Загальне світове виробництво помідорів зросло на 4% як для переробки, так і для споживання у свіжому вигляді у 2021 році порівняно з попереднім вегетаційним періодом [7]. Слід наголосити, що ефективне підвищення продуктивності в галузі овочівництва не лише сприяє забезпеченню продовольчої безпеки, але й оптимізує використання природних ресурсів [8]. З огляду на постійні виклики, пов'язані зі зміною клімату та дефіцитом різних природних ресурсів, пріоритет енергоефективних технологій вирощування овочевих став реальною необхідністю [9, 10]. Стале використання енергії в сільськогосподарських процесах не лише підвищує економічну ефективність усієї виробничої системи, але й покращує її адаптивність до змін у бізнес-середовищі [11]. У період, коли ефективність використання ресурсів та економічна стійкість стають все більш важливими, стратегії, зосереджені на енергоефективному споживанні, є не лише необхідністю, а й можливістю для інновацій та перетворення сільськогосподарського сектору на більш ефективний та стійкий [12].

Також для підвищення врожайності та економічної ефективності виробництва помідору важливо розширити вирощування в контрольованих середовищах, в теплицях різної конструкції [13]. Фактично вирощування овочевої продукції в умовах теплиць є надійним рішенням для забезпечення безперервного постачання свіжої продукції [14, 15].

Для тепличного вирощування більш придатні індетермінантні гібриди, для яких характерні такі переваги як висока енергія росту, однорідність, врожайність, відмінна якість та стійкість до деяких хвороб [16]. В той час в галузі сформувалася ситуація, коли існуючі гібриди постійно витісняються іншими з кращими характеристиками через високу поширеність шкідників та хвороб у виробничих районах, а також несприятливі біотичні фактори. За таких умов необхідно постійно оцінювати процеси адаптації нових гібридів, стійких до хвороб, шкідників та абіотичних факторів, з більшим потенціалом врожайності та гарними агротехнологічними характеристиками, які відповідають вимогам ринку. Зі зростанням асортименту гібридів стає можливим також розширення районів вирощування помідору в тепличних умовах для збільшення пропозиції продукції у критичні періоди (взимку).

Фактично помідор може вирощуватися в усіх типах теплиць але за відповідного догляду та достатньої інтенсивності освітлення. Як

правило, висота теплиці від фундаменту до балки для гарної вентиляції повинна становити 3,5–4,5 м [17]. Слід відзначити, що основною технологічною проблемою за вирощування індетерменантних гібридів помідору в теплицях є зростання температури всередині теплиці до 40°C, що перевищує оптимальну температуру для рослин. Одним з критеріїв вибору гібриду для умов тепличного вирощування є його чутливість до високотемпературного стресу, тобто рівень знижування врожайності через тепловий стрес [18]. Слід зазначити, що високі температури також спричиняють неоптимальний ріст та зменшують ймовірність запилення [19], зниження врожайності та якості плодів [20].

Правильно підібраний гібрид з урахуванням конструкції теплиці та рівня освітленості забезпечує не тільки більш високу продуктивність, а також зумовлює покращення якості продукції за рахунок збільшення в плодах вмісту аскорбінової кислоти, лікопіну та β -каротину [21].

Отже, метою наших досліджень є встановлення біоенергетичної ефективності вирощування індетермінантних гібридів помідору в скляних зимових теплицях.

Матеріал та методика досліджень. Дослідження проведено впродовж 2013-2017 рр. у скляних зимових теплицях типу «ВЕНЛО» ПАТ «Комбінат «Тепличний»» (с. Калинівка Броварського району Київської області), що знаходиться у четвертій світловій зоні України.

Програма досліджень передбачала проведення трьох окремих дослідів: 1) підбір індетермінантних гібридів помідора для зимових теплиць даного типу; 2) визначення ефективності сорто-підщепних комбінувань на індетермінантних гібридах F_1 ; 3) дослідження впливу способів формування на продуктивність та біоенергетичну ефективність індетермінантного гібриду помідора Мерліс F_1 .

Експериментальна частина роботи виконана згідно «Методики дослідної справи в овочівництві і баштанництві» [22]. Варіанти дослідів розміщували методом повної рендомізації у триразовій повторності. Площа облікової ділянки 5,6 м² (кількість рослин на обліковій ділянці – 14 шт.). Розсаду на постійне місце висаджували у фазі 9-11 справжніх листків. Схема розміщення рослин по 4 шт. на 1 мат 100×20×7,5 см. Об'єм субстрату під однією рослиною 3,750 л.

Біоенергетичну оцінку виробництва помідора розраховували за методикою О.С. Болотських, М.М. Довгаль (1998) [22]. Основний показник енергетичної ефективності вирощування овочевих рослин є коефіцієнт біоенергетичної ефективності, що розраховується за формулою:

$$K_{BE} = \frac{Q_H}{Q_B} \times f$$

Де Q_H – енергія, накопичена господарсько-цінної частиною урожаю, МДж/м²;

Q_B – сукупна енергія, витрачена на вирощування, МДж/м²;

f – коефіцієнт споживчої цінності продукції (для помідору – 4,3).

Статистичну обробку результатів дослідження реалізовано методом дисперсійного аналізу [23].

Результати досліджень та їх обговорення. За вирощування індетермінантних гібридів помідору в зимових скляних теплицях основна стаття витрат енергії приходить на опалення та електроенергії (63,0 %), а також на трудові витрати (22,2 %) (рис. 1). На всі інші витрати сумарно приходить 14,8 % всіх енергетичних витрат.

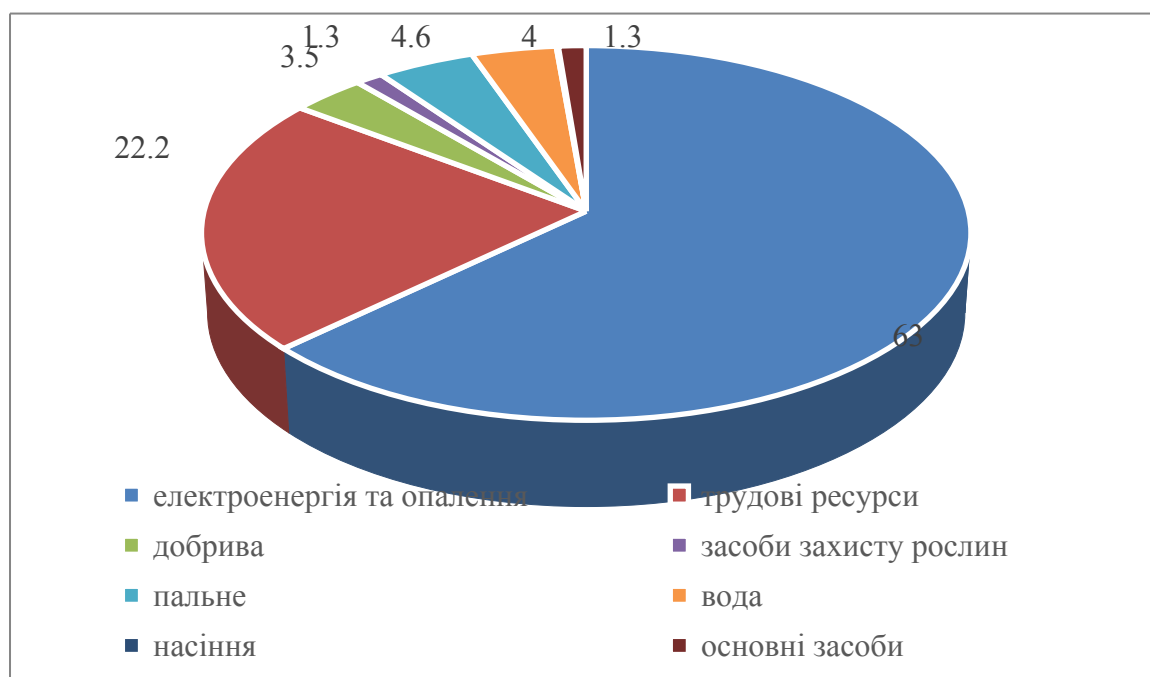


Рис. 1. Структура витрат енергії за вирощування гібридів помідору в зимових скляних теплицях, % (середнє за 2015-2017 рр.).

Встановлено, що зі зростанням рівня урожайності за використання різних індетермінантних гібридів помідора відмічається певне збільшення загальних енергетичних витрат. Найбільші енергетичні витрати за вирощування помідору в умовах зимових скляних теплиць відмічені для гібридів Мерліс F₁, Тореро F₁, Бартеза F₁ та Максимато F₁ (75,0-75,79 МДж/м²), для яких зазначено урожайність в межах 61,1-64,5 кг/м² (табл. 1).

1. Біоенергетична ефективність вирощування різних гібридів помідору в зимових теплицях (середнє за 2015-2017 рр.)

Гібриди	Урожайність, кг/м ²	Вміст сухої речовини, %	Вміст енергії в урожаї, МДж/м ²	Загальні енергетичні витрати, МДж/м ²	Коефіцієнт біоенергетичної ефективності
Раїса F ₁ (контроль)	56,3	4,8	29,24	73,88	1,70
Алтес F ₁	58,4	4,9	30,96	74,37	1,79
Мерліс F ₁	64,5	5,2	36,29	75,79	2,06
Тореро F ₁	63,6	5,3	36,47	75,58	2,08
Форонті F ₁	61,0	5	33,00	74,97	1,89
Бартеза F ₁	61,1	5,1	33,72	75,00	1,93
Максімато F ₁	62,6	5,2	35,22	75,35	2,01

За однакових технологічних підходів за вирощування гібридів помідору різниця в загальних енергетичних витратах пов'язана в основному з різними трудовими витратами на вирощування гібридів, і в особливості, з додатковими витратами праці на збирання додаткового урожаю в більш продуктивних гібридів.

Але зі зростання урожайності зростає також енергія, акумульована в урожаї. Так, для вказаних гібридів зазначено збільшення енергії, що накопичується в урожаї, на 15,3-24,7 %. Зрозуміло, що даний параметр корелює також з вмістом сухої речовини в плодах, так як енергія акумулюється тільки в органічній речовині. Для більшості гібридів, що було використано в дослідженні (окрім гібриду Раїса F₁ та Алтес F₁), вміст сухої речовини в плодах коливався в межах 5,0-5,3 %, тоді як кількість енергії, що накопичується в урожаї, коливалася в межах 33,0-36,47 МДж/м² та істотно різнилася зі значенням даного показнику для контрольного гібриду Раїса F₁ (29,24 МДж/м²).

Отже, за впровадження більш урожайних гібридів помідора, не зважаючи на зростання загальних енергетичних витрат на вирощування, коефіцієнт біоенергетичної ефективності істотно збільшується. Найвищі значення даного показнику зафіксовано для гібридів Максімато F₁, Мерліс F₁ та Тореро F₁, що становили 2,01, 2,06 та 2,08 відповідно.

Впровадження різних сорто-підщепних комбінуваль також забезпечувало підвищення урожайності помідору, що в свою чергу, вплинуло на енергоефективність вирощування культури в умовах зимових скляних теплиць (табл. 2). Також відзначено зростання рівня загальних енергетичних витрат на вирощування помідора за підвищення рівня урожайності. Максимальний рівень урожайності відмічено за вирощування гібриду Мерліс F₁ на підщепах Максіфорт F₁, ТД-1 F₁ та Емператор F₁ (66,1-67,8 кг/м²). Високий рівень урожайності також

забезпечує вирощування на вказаних підщепах гібриду Тореро F₁ (65,1-65,5 кг/м²).

2. Біоенергетична ефективність вирощування індетермінантних гібридів помідора за використання сорто-підщепних комбінуваль (середнє за 2015-2017 рр.)

Прищєпа / підщєпа	Урожай- нїсть, кг/м ²	Вміст сухої рєчовини, %	Вміст енєргїї в урожаї, МДж/м ²	Загальнї енєргєтичнї витрати, МДж/м ²	Коефїцієнт біоенєргєтичнї ефективностї
Торєро F ₁ (контрєль)	61,8	5,1	34,10	75,16	1,95
Торєро F ₁ / Максїфорт F ₁	65,1	5,4	38,04	75,93	2,15
Торєро F ₁ / ТД-1 F ₁	65,2	5,6	39,51	75,95	2,24
Торєро F ₁ / Ємпєрадор F ₁	65,5	5,8	41,11	76,02	2,33
Бартеза F ₁ (контрєль)	59,1	5	31,97	74,53	1,84
Бартеза F ₁ / Максїфорт F ₁	63,0	5,5	37,49	75,44	2,14
Бартеза F ₁ / ТД-1 F ₁	61,4	5,1	33,88	75,07	1,94
Бартеза F ₁ / Ємпєрадор F ₁	63,6	5,4	37,16	75,58	2,11
Мєрлїс F ₁ (контрєль)	63,5	5,4	37,10	75,56	2,11
Мєрлїс F ₁ / Максїфорт F ₁	66,1	6	42,91	76,16	2,42
Мєрлїс F ₁ / ТД-1 F ₁	66,2	5,7	40,83	76,19	2,30
Мєрлїс F ₁ / Ємпєрадор F ₁	67,8	6,2	45,48	76,56	2,55

Вирощування вказаних гібридів на підщепах Максїфорт F₁, ТД-1 F₁ та Ємпєрадор F₁ зумовлює певнє підвищення витрат енергїї до рївня 75,93-76,56 МДж/м², щє було вищим за вирощування даних гібридів без підщєп в межах 1,02-1,32 %. Вміст енергїї в урожаї продукції помїдору за рахунок використання вказаних сорто-підщєпних комбїнувань збільшувався більш їстотно вїдносно вирощування гібридів без підщєп в межах 11,5-22,6 % (на 3,94-8,38 МДж/м²).

За рахунок такої їстотної рїзниці мїж додатковими витратами енергїї на впровадження вирощування гібридів з використанням підщєп та рївнєм енергїї, щє накопичувалася в урожаї, даний технологїчний захїд є енергєтично вигїдним за рахунок збільшення коефїцієнту

біоенергетичної ефективності. Даний показник збільшився з 1,95 та 2,11 за вирощування гібридів Тореро F₁ та Мерліс F₁ відповідно до рівнів 2,15-2,33 та 2,30-2,55 відповідно за використання підщеп.

Відповідні результати також отримано в дослідженнях інших вчених, де використання підщеп для індетермінантних гібридів помідору забезпечувало підвищення урожайності плодів [24], збільшення вмісту сухої речовини та вітамінів в плодах [25], підвищення економічних та енергетичних параметрів вирощування [26, 27].

Ефективним в енергетичному аспекті є також вирощування індетермінантних гібридів помідора за різних способів формування рослин (табл. 3).

3. Біоенергетична ефективність різних способів формування рослин гібриду помідора Мерліс F₁ (середнє за 2015-2017 рр.)

Гібриди	Урожайність, кг/м ²	Вміст сухої речовини, %	Вміст енергії в урожаї, МДж/м ²	Загальні енергетичні витрати, МДж/м ²	Коефіцієнт біоенергетичної ефективності
У одне стебло (контроль)	55,8	5,7	34,41	73,76	2,01
У два стебла після 4-ї китиці на кожній 2-й рослині у маті та після 10-ї на кожній 4-й рослині у маті	63,9	5,6	38,74	75,66	2,20
У два стебла після 3-ї китиці на кожній 2-й рослині у маті та після 9-ї на кожній 4-й рослині у маті	65,3	5,7	40,24	75,96	2,28

Максимальний рівень урожайності відмічено за вирощування гібриду Мерліс F₁ за формування рослин в два стебла після 3-ї китиці на кожній 2-й рослині у маті та після 9-ї на кожній 4-й рослині у маті. За такого технологічного підходу відзначається істотне зростання урожайності помідору на 9,5 кг/м² або на 17,0 %, що зумовлює певне підвищення витрат енергії на вирощування (на 3,0 %) та істотне зростання кількості енергії, що акумулюється в урожаї (на 16,9 %). За таких умов коефіцієнт біоенергетичної ефективності вирощування помідору становив 2,28 за значення даного показнику на контролі на рівні 2,01.

Висновки. За вирощування індетермінантних гібридів помідору в зимових скляних теплицях основна стаття витрат енергії приходить на опалення та електроенергії (63,0 %) та трудові витрати (22,2 %).

З впровадженням більш продуктивних гібридів помідору зростає також енергія, акумульована в урожаї. Так, за використання гібридів Максінато F₁, Мерліс F₁ та Тореро F₁ збільшується енергія, що накопичується в урожаї, на 15,3-24,7 % та зростає коефіцієнт біоенергетичної ефективності до рівня 2,01-2,08.

Енергоефективним є також впровадження сорто-підщепних комбінуваних (використання прищепи Мерліс F₁ та Тореро F₁ на підщепах Максінато F₁, ТД-1 F₁ та Емператор F₁). За такого технологічного підходу відмічається рівень урожайності помідору в межах 65,1-67,8 кг/м², збільшення вмісту енергії в урожаї на 11,5-22,6 % або на 3,94-8,38 МДж/м², отримання значення коефіцієнту біоенергетичної ефективності на рівні 2,15-2,55.

За вирощування гібриду Мерліс F₁ з формуванням рослин в два стебла після 3-ї китиці на кожній 2-й рослині у маті та після 9-ї на кожній 4-й рослині у маті відзначено істотне зростання кількості енергії, що акумулюється в урожаї (на 16,9 %), що зумовлює отримання коефіцієнту біоенергетичної ефективності вирощування помідору на рівні 2,28.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Marx-Pienaar N.J.M.M., Erasmus A.C. Status consciousness and knowledge as potential impediments of household's sustainable consumption practices of fresh produce amidst times of climate change. *International Journal of Consumer Studies*. 2014. 38(4). P. 419-426. DOI: 10.1111/ijcs.12111.
2. Egea I., Estrada Y., Flores F.B., Bolarín M.C. Improving production and fruit quality of tomato under abiotic stress: Genes for the future of tomato breeding for a sustainable agriculture. *Environmental and Experimental Botany*. 2022. 204. P. 105086. DOI: 10.1016/j.envexpbot.2022.105086
3. Capobianco-Uriarte M. D. L. M., Aparicio J., De Pablo-Valenciano J., Casado-Belmonte M. D. P. The European tomato market. An approach by export competitiveness maps. *PloS one*. 2021. 16(5). e0250867
4. Popescu, A. Some considerations on vegetables and tomatoes production and consumption in Romania in the period 2007-2014. *Scientific Papers Series Management, Economic Engineering in Agriculture & Rural Development*. 2016. 16(3). P. 277-284.
5. Jerca I.O., Smedescu C. A decade of change in europe's tomato greenhouses: insights and trends. *Scientific Papers Series Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development*. 2023. 23 (4). P. 431-436.

6. Ilić Z. S., Kapoulas N., Šunić L. Tomato Fruit Quality from Organic and Conventional Production. *InTech*. 2014. DOI: 10.5772/58239
7. Branthome F.X. Worldwide (total fresh) tomato production in 2021. 2023. <https://www.tomatonews.com>. Accessed on 29.04.2024.
8. Parry M. A., Hawkesford M. J. Food security: increasing yield and improving resource use efficiency. *Proceedings of the nutrition Society*. 2010. 69(4). P. 592-600
9. Iancu T., Petre I. L., Tudor V. C., Micu M. M., Ursu A., Teodorescu F. R., Dumitru E. A. A Difficult Pattern to Change in Romania, the Perspective of Socio-Economic Development. *Sustainability*. 2022. 14(4). 2350.
10. Maja M. M., Ayano S. F. The impact of population growth on natural resources and farmers' capacity to adapt to climate change in low-income countries. *Earth Systems and Environment*. 2021. 5. P. 271-283.
11. Pretty J. Agricultural sustainability: concepts, principles and evidence. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*. 2008. 363(1491). P. 447-465.
12. Becerril H., De los Rios I. Energy efficiency strategies for ecological greenhouses: experiences from Murcia (Spain). *Energies*. 2016. 9(11). P. 866.
13. Peet M. M., Welles G. Greenhouse tomato production. In *Tomatoes* (pp. 257-304). Wallingford UK: CABI Publishing. 2005.
14. LaPlante G., Andrekovic S., Young R. G., Kelly J. M., Bennett N., Currie E. J., Hanner R. H. Canadian greenhouse operations and their potential to enhance domestic food security. *Agronomy*. 2021. 11(6). P. 1229.
15. Pardossi A., Tognoni F., Incrocci L. Mediterranean greenhouse technology. *Chronica horticultrae*. 2004. 44(2). P. 28-34.
16. Jaramillo N., Eliecer J., Sánchez L., Germán D., Rodríguez V., Aguilar P.A. et al. Tecnología para el cultivo de tomate bajo condiciones protegidas. CORPOICA, Bogotá, Colombia, 2012. 482 p.
17. Kumar B. Technical Standards for Naturally Ventilated, Fan & Pad Green House and Shade Net House. Ministry of Agriculture, Gurgaon, India. 2011.
18. Sato S., Peet M.M., Thomas J.F. Physiological factors limit fruit set of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) under chronic, mild heat stress. *Plant Cell Environ.* 2000. 23(7). P. 719-726. DOI: 10.1046/j.1365-3040.2000.00589.x
19. Van Ploeg D., Heuvelink E. Influence of sub-optimal temperature on tomato growth and yield: A review. *J. Hortic. Sci. Biotechnol.* 2005. 80(6). P. 652-659. DOI: 10.1080/14620316.2005.11511994
20. Alsamir M., Mahmood T., Trethowan R., Ahmad N. An overview of heat stress in tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *Saudi J. Biol. Sci.* 2021. 28(3). P. 1654-1663. DOI: 10.1016/j.sjbs.2020.11.088.

21. Jitpong P., Jannoi J., Sastawittaya W., Mega R., Chulaka P., Thussagunpanit J. Impact of greenhouse height on growth, physiological changes, and yield of two cherry tomatoes (*Solanum lycopersicum*) cultivars. *Thai J. Agric. Sci.* 2025. 58(1). P. 1-16.

22. Бондаренко Г.Л., Яковенко К.І. Методика дослідної справи в овочівництві і баштанництві. Харків: Основа, 2011. 369 с.

23. Дослідна справа в агрономії: навчальний посібник. в 2 кн. Книга 2. Статистична обробка результатів досліджень. / А.О. Рожков, В.К. Пузік, С.М. Каленська та ін. Харків: Мацдан, 2016. 314 с.

24. Djidonou D., Simonne A. H., Koch K. E., Brecht J. K., Zhao X. Nutritional Quality of Field-grown Tomato Fruit as Affected by Grafting with Interspecific Hybrid Rootstocks. *HortScience*. 2016. 51(12). P. 1618–1624. DOI: 10.21273/HORTSCI11275-16.

25. Dorais M., Ehret D.L., Papadopoulos A.P. Tomato (*Solanum lycopersicum*) health components: From the seed to the consumer *Phytochem. Rev.* 2008. 7. P. 231-250.

26. Kabas A., Celik I. Effect of newly developed interspecific hybrid rootstocks on mineral nutrient composition and fruit quality in tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *Acta Alimentaria*. 2021. 50(3). P. 383-392. DOI: 10.1556/066.2021.00009

27. Djidonou D., Zhao X., Brecht J.K., Cordasco K.M. Influence of interspecific hybrid rootstocks on tomato growth, nutrient accumulation, yield, and fruit composition under greenhouse conditions. *HortTechnology*. 2017. 27(6). P. 868–877.

REFERENCES

1. Marx-Pienaar, N.J.M.M., Erasmus, A.C. (2014). Status consciousness and knowledge as potential impediments of household's sustainable consumption practices of fresh produce amidst times of climate change. *International Journal of Consumer Studies.*, 38(4), 419-426. DOI: 10.1111/ijcs.12111.

2. Egea, I., Estrada, Y., Flores, F.B., Bolarín, M.C. (2022). Improving production and fruit quality of tomato under abiotic stress: Genes for the future of tomato breeding for a sustainable agriculture. *Environmental and Experimental Botany*, 204, 105086. DOI: 10.1016/j.envexpbot.2022.105086

3. Capobianco-Uriarte, M. D. L. M., Aparicio, J., De Pablo-Valenciano, J., Casado-Belmonte, M. D. P. (2021). The European tomato market. An approach by export competitiveness maps. *PloS one*, 16(5), e0250867.

4. Popescu, A., (2016). Some considerations on vegetables and tomatoes production and consumption in Romania in the period 2007-2014. *Scientific Papers Series Management, Economic Engineering in Agriculture & Rural Development*, 16(3), 277-284.

5. Jerca, I.O., Smedescu, C. (2023). A decade of change in europe's tomato greenhouses: insights and trends. *Scientific Papers Series Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development*, 23 (4), 431-436.
6. Ilić, Z. S., Kapoulas, N., Šunić, L. (2014). Tomato Fruit Quality from Organic and Conventional Production. *InTech*, DOI: 10.5772/58239
7. Branthome, F.X. (2024). Worldwide (total fresh) tomato production in 2021. 2023. <https://www.tomatonews.com>.
8. Parry, M. A., Hawkesford, M. J. (2010). Food security: increasing yield and improving resource use efficiency. *Proceedings of the nutrition Society*, 69(4), 592-600.
9. Iancu, T., Petre, I. L., Tudor, V. C., Micu, M. M., Ursu, A., Teodorescu, F. R., Dumitru, E. A. (2022). A Difficult Pattern to Change in Romania, the Perspective of Socio-Economic Development. *Sustainability*, 14(4), 2350.
10. Maja, M. M., Ayano, S. F. (2021). The impact of population growth on natural resources and farmers' capacity to adapt to climate change in low-income countries. *Earth Systems and Environment*, 5, 271-283.
11. Pretty, J. (2008). Agricultural sustainability: concepts, principles and evidence. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 363(1491), 447-465.
12. Becerril, H., De los Rios, I. (2016). Energy efficiency strategies for ecological greenhouses: experiences from Murcia (Spain). *Energies*, 9(11), 866.
13. Peet, M. M., Welles, G. (2005). Greenhouse tomato production. In *Tomatoes* (pp. 257-304). Wallingford UK: CABI Publishing.
14. LaPlante, G., Andrekovic, S., Young, R. G., Kelly, J. M., Bennett, N., Currie, E. J., Hanner, R. H. (2021). Canadian greenhouse operations and their potential to enhance domestic food security. *Agronomy*, 11(6), 1229.
15. Pardossi, A., Tognoni, F., Incrocci, L. (2004). Mediterranean greenhouse technology. *Chronica horticultrae*, 44(2), 28-34.
16. Jaramillo, N., Eliecer, J., Sánchez, L., Germán, D., Rodríguez, V., Aguilar, P.A. et al. (2012). Tecnología para el cultivo de tomate bajo condiciones protegidas. CORPOICA, Bogotá, Colombia, 482 p.
17. Kumar, B. (2011). Technical Standards for Naturally Ventilated, Fan & Pad Green House and Shade Net House. Ministry of Agriculture, Gurgaon, India.
18. Sato, S., Peet, M.M., Thomas, J.F. (2000). Physiological factors limit fruit set of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) under chronic, mild heat stress. *Plant Cell Environ*, 23(7), 719-726. DOI: 10.1046/j.1365-3040.2000.00589.x

19. Van Ploeg, D., Heuvelink, E. (2005). Influence of sub-optimal temperature on tomato growth and yield: A review. *J. Hortic. Sci. Biotechnol.* 80(6), 652-659. DOI: 10.1080/14620316.2005.11511994
20. Alsamir, M., Mahmood, T., Trethowan, R., Ahmad, N. (2021). An overview of heat stress in tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *Saudi J. Biol. Sci.*, 28(3), 1654-1663. DOI: 10.1016/j.sjbs.2020.11.088.
21. Jitpong, P., Jannoi, J., Sastawittaya, W., Mega, R., Chulaka, P., Thussagunpanit, J. (2025). Impact of greenhouse height on growth, physiological changes, and yield of two cherry tomatoes (*Solanum lycopersicum*) cultivars. *Thai J. Agric. Sci.*, 58(1), 1-16.
22. Bondarenko, G.L., Yakovenko, K.I. (Ed). Methodology of research work in vegetable growing and melon growing. Kharkiv: Osnova, 2001. 369 p.
23. Research work in agronomy: textbook: in 2 books. Book 2. Statistical processing of the results of agronomic research / A.O. Rozhkov, V.K. Puzik, S.M. Kalenska and others. Kharkiv: Maidan, 2016. 314 p.
24. Djidonou, D., Simonne, A. H., Koch, K. E., Brecht, J. K., Zhao, X. (2016). Nutritional Quality of Field-grown Tomato Fruit as Affected by Grafting with Interspecific Hybrid Rootstocks. *HortScience*, 51(12), 1618–1624. DOI: 10.21273/HORTSCI11275-16.
25. Dorais, M., Ehret, D.L. & Papadopoulos, A.P. (2008). Tomato (*Solanum lycopersicum*) health components: From the seed to the consumer. *Phytochem. Rev.*, 7, 231-250.
26. Kabas, A., Celik, I. (2021). Effect of newly developed interspecific hybrid rootstocks on mineral nutrient composition and fruit quality in tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *Acta Alimentaria*, 50(3), 383-392. DOI: 10.1556/066.2021.00009
27. Djidonou, D., Zhao, X., Brecht, J.K., and Cordasco, K.M. (2017). Influence of interspecific hybrid rootstocks on tomato growth, nutrient accumulation, yield, and fruit composition under greenhouse conditions. *HortTechnology*, 27(6), 868–877.

O.V. Khareba, PhD student

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

Bioenergy efficiency of growing indeterminant tomato hybrids in glass winter greenhouses

The aim of the study was to determine the bioenergetic efficiency of growing indeterminate tomato hybrids in glass winter greenhouses. The experimental research included three main directions: (1) selection of indeterminate tomato hybrids suitable for winter greenhouse conditions; (2) evaluation of the efficiency of scion–rootstock combinations in indeterminate hybrids; and (3) assessment of the influence of plant training methods on the productivity and bioenergetic efficiency of the Merlis F₁ hybrid.

It was established that when cultivating indeterminate tomato hybrids in glass winter greenhouses, the major components of energy consumption are heating and electricity (63.0%) and labor costs (22.2%). The introduction of the Maximoto F₁, Merlis F₁, and Torero F₁ hybrids increases the energy accumulated in the yield by 15.3–24.7% and raises the bioenergetic efficiency coefficient to 2.01–2.08. The use of scion–rootstock combinations (Merlis F₁ and Torero F₁ scions grafted onto Maxifort F₁, TD-1 F₁, and Emperador F₁ rootstocks) enhances the energy content of the yield by 11.5–22.6% (3.94–8.38 MJ/m²) and ensures a bioenergetic efficiency coefficient ranging from 2.15 to 2.55.

For the Merlis F₁ hybrid, training plants into two stems (after the third cluster on every second plant in the slab and after the ninth cluster on every fourth plant) resulted in a significant increase in the energy accumulated in the yield (by 16.9%), providing a bioenergetic efficiency coefficient of 2.28. The proposed technological practices are recommended for implementation in greenhouse vegetable production systems in Ukraine.

Keywords: tomato, glass winter greenhouse, hybrids, variety-rootstock combinations, bioenergy efficiency coefficient.

УДК 634.11:631.542.3:631.547.6

DOI 10.5281/zenodo.18538160

В.В. Леус, канд. сільськогосподарських наук, доцент
Я.О. Муленок, канд. сільськогосподарських наук, ст. викладач
Державний біотехнологічний університет, Харків, Україна

ВПЛИВ ПЕРЕДЗБИРАЛЬНОЇ ОБРІЗКИ ІНТЕНСИВНИХ НАСАДЖЕННЯХ ЯБЛУНІ НА ЯКІСТЬ ЗАБАРВЛЕННЯ ПЛОДІВ

У статті представлено результати комплексних досліджень впливу передзбирального обрізування на формування інтенсивності забарвлення плодів яблуні в умовах інтенсивних насаджень Харківської області. Якість зовнішнього вигляду плодів — зокрема яскравість і насиченість рум'янцю — є важливим чинником конкурентоспроможності продукції, адже саме колір є одним із головних критеріїв вибору споживачем. Метою дослідження було оцінити ефективність застосування освітлювальної обрізки за три тижні до збору врожаю для покращення забарвлення та смакових характеристик плодів яблуні.

Дослідження проводили у виробничих умовах ТОВ «Харківська фруктовна компанія» на сортах зимового строку досягання Пінова та Фуджі. Передзбиральне обрізування полягало у видаленні однорічних приростів довжиною понад 20 см з метою покращення доступу світла до плодів. Установлено, що покращене освітлення сприяло інтенсивнішому нагріванню плодів удень та більшому їх охолодженню вночі, що активізувало синтез антоціанів – природних пігментів, відповідальних за червоне забарвлення плодів.

У результаті кількість плодів із покривним забарвленням понад 75% поверхні зросла у сорту Пінова з 27% до 93%, а у сорту Фуджі – з 14% до 69%. Крім того, виявлено підвищення вмісту цукрів у плодах на 1,2-1,9%, що позитивно позначилося на їх смакових якостях. Економічна оцінка показала, що застосування

передзбирального обрізування підвищило прибуток на 37,2–52,2 тис. грн/га, а рівень рентабельності зріс на 8,6-12,1% порівняно з контролем.

Отже, передзбиральне обрізування крон за три тижні до збирання врожаю є високоефективним технологічним прийомом, який не лише покращує декоративність і товарність плодів, а й сприяє підвищенню їх смакової цінності та економічної віддачі інтенсивних садів. Результати підтверджують доцільність впровадження цього прийому у виробничу практику сучасного садівництва.

Ключові слова: яблуня, передзбиральна обрізка, забарвлення плодів, антоціани, економічна ефективність

Вступ. Сучасна ефективність інтенсивного садівництва значною мірою залежить від якості плодів, одним із найважливіших показників якої є забарвлення. Саме зовнішній вигляд – колір, форма, розмір і загальна привабливість плодів – визначає споживчі вподобання та впливає на ринкову ціну продукції [1]. Серед численних характеристик якості яблук насичений рум'янець є тим чинником, який найбільше привертає увагу покупців, формуючи їх перше враження про плід [2]. Зростання вимог споживачів до інтенсивності та рівномірності забарвлення стимулює виробників запроваджувати сучасні агротехнічні прийоми, спрямовані на поліпшення декоративності й товарності плодів [10]. У зв'язку з цим особливої актуальності набуває впровадження інноваційних технологічних прийомів, що забезпечують стимулювання синтезу пігментів у шкірочці плодів і сприяють покращенню їхнього забарвлення та загальної якості.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сучасний ринок плодової продукції орієнтується на плоди, призначені для споживання у свіжому вигляді, що поєднують високі смакові, структурні та товарні властивості — насичене забарвлення, оптимальну масу, правильну форму, виражений аромат і приємну консистенцію м'якоті [3]. За даними Moor U, Moor A, Pöldma P, Heinmaa L. [18] серед численних показників якості плодів яблуні, таких як щільність м'якушу, збалансований смак чи аромат, одним із визначальних чинників споживчого вибору є інтенсивність забарвлення шкірочки. Саме цей показник значною мірою формує привабливість плодів для покупця. Можливість регулювати процеси формування покривного забарвлення плодів є важливою складовою технології вирощування яблуні. На сьогодні в інтенсивному садівництві для покращення забарвлення плодів застосовують механізоване обрізування дерев [6], внесення мікродобрив [7], препаратів, що містять етефон.

Інтенсивність рум'янцю залежить від багатьох чинників. Li Z, Gemma H, Iwahori S. [15] стверджують, що червоне покривне забарвлення яблук зумовлюють рослинні пігменти — антоціани. Більше антоціанів міститься у клітинах яблучної шкірочки — тим інтенсивнішим є рум'янець плодів [19, 20].

Синтез антоціанів у плодах яблуні залежить від факторів навколишнього середовища, включаючи біотичні та абіотичні фактори, такі як світло, температура, поживні речовини та деякі гормони [12, 13, 16]. Для покращення концентрації антоціанів та почервоніння шкірочки яблук запропоновано проріджування зав'язей та освітлення плодів у фазу дозрівання [8, 9]. Пагони, розташовані поблизу плодів, доцільно вкорочувати над 3-5 листком. Залишене листя забезпечує надходження асимілянтів до сусідніх плодів, сприяючи накопиченню в них цукрів і досягненню оптимального розміру. За достатнього освітлення та наявності цукрів, синтезованих листям, у шкірочці плодів інтенсивніше утворюються антоціани, що зумовлює формування вираженого рум'янцю [11, 14, 17].

Мета дослідження – здійснити оцінку впливу освітлювальної (передзбиральної) обрізки дерев яблуні зимових сортів на формування забарвлення поверхні плодів та покращення їх смакових показників.

Наукова новизна дослідження полягає в тому, що вперше в умовах інтенсивних насаджень Харківської області проведено передзбиральне обрізування дерев яблуні зимового строку досягання за три тижні до збирання врожаю. Доведено ефективність цього агротехнічного заходу щодо підвищення інтенсивності забарвлення плодів, поліпшення їх якісних характеристик і обґрунтовано доцільність його впровадження у технологію вирощування яблуні.

Матеріали і методика досліджень. Дослідження здійснювали у 2023 році в інтенсивному саду яблуні ТОВ «Харківська фруктова компанія», розташованому в селі Коробочкіне Чугуївського району Харківської області. У досліді використовували два сорти яблуні зимового строку досягання – Пінова та Фуджі. Передзбиральне обрізування проводили за три тижні до запланованого збору врожаю, видаляючи всі однорічні пагони довжиною понад 20 см, залишаючи пеньки завдовжки близько 5 см. Контрольні дерева залишали без обрізування. Кожен варіант досліді закладали у трьохразовій повторності, при цьому повторність становила по п'ять облікових дерев, розміщених послідовно в ряду [5].

Для визначення рівня перепаду температур заміри температури поверхні плоду проводили о 7 годині ранку та о 14 годині. Вміст цукрів у плодах визначали за допомогою рефрактометра. Інтенсивність забарвлення плодів визначали візуально поділивши плоди на три фракції: менше 50% поверхні плоду забарвлено, 50-75% поверхні плоду забарвлено, більше 75% забарвлено поверхні плоду. Урожайність з 1 гектара визначали шляхом зважування плодів з кожного дерева і помноживши урожайність з дерева на 3500 (кількість дерев на 1 га). Економічну ефективність визначали шляхом множення урожайності з 1 га на реалізаційну ціну плодів, що становила 14,8 грн за плоди фракції,

що мали забарвлення плоду менше 75% поверхні та 16 грн за плоди які мали більше 75% забарвлення поверхні плоду для сорту Фуджі та 14,2 грн/кг і 15,0 грн/кг відповідно для сорту Пінова.

Результати досліджень та їх обговорення. У кожному червоному плоді яблук є природний пігмент який називається антоціани, чим більше в яблуках цього рослинного пігменту тим інтенсивнішим є рум'янець цього сорту. Willsea N., Blanco V., Howe O., Campbell T., Biasuz E. C., Kalcsits L [20] вважають, що синтез антоціанів в плодах яблуні залежить від факторів навколишнього середовища, включаючи температуру повітря. У забарвленні яблук важливу роль відіграє перепад денних і нічних температур [4]. Для утворення антоціанів сприятливим є температурний режим, за якого вдень повітря прогрівається до +18...+20 °С, а вночі - охолоджується до +4...+6 °С.

За результатами наших спостережень (рис. 1) температурний режим протягом трьох тижнів до збору врожаю був не дуже сприятливим для поліпшення забарвлення плодів.

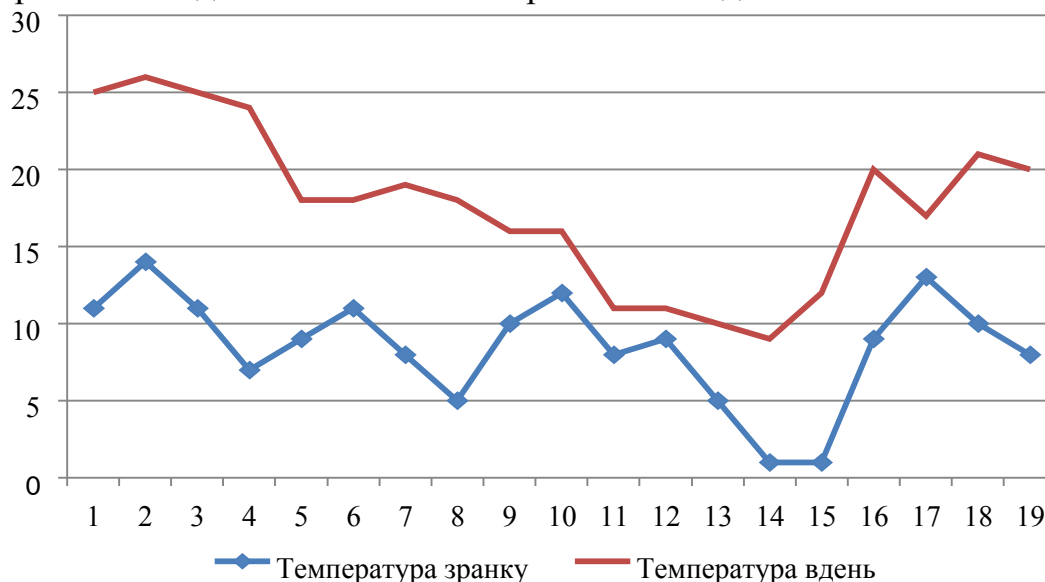


Рис. 1 Температурний режим протягом 19 днів від моменту обрізки дерев до збору врожаю

Так, ранкова температура була нижче 6°C лише протягом 5 днів, що свідчить про недостатнє охолодження плодів. Денна ж температура протягом 7 днів не досягала оптимальних показників у 18°C. Таким чином у 2023 році у період з 22 вересня по 15 жовтня перепад нічних та денних температур не був оптимальним для покращення забарвлення плодів яблук.

За результатами наших досліджень (рис. 2) температура вранці у плодів на обрізаних деревах сортів Пінова та Фуджі становила 6,7 та 6,9°C відповідно. В той час на контрольних деревах температура плодів була на рівні 7,7 для сорту Пінова та 7,3°C для сорту Фуджі. Отже, плоди

на обрізаних деревах сильніше охолоджувались вночі порівняно з контрольним варіантом, що сприяло утворенню у шкірочці плодів більшої кількості антоціанів.

У результаті вимірювань температурного режиму плодів у денний період було виявлено суттєву різницю між деревами, що зазнали освітлювальної обрізки та контрольними. Плоди на обрізаних деревах отримували більше сонячного світла, завдяки чому їх поверхня нагрівалася значно інтенсивніше. Так, для сорту Пінова температура поверхні плодів була в середньому на 7,1 °С вищою, ніж на контрольних деревах, а для сорту Фуджі – на 1,8 °С.

Цей ефект посиленого прогрівання мав важливе фізіологічне значення. У денний час плоди накопичували більше тепла, тоді як уночі швидше охолоджувалися, що створювало виражені температурні коливання між ранковими та денними показниками. Саме такий контраст температур, у поєднанні з підвищеною освітленістю, стимулював активніший синтез антоціанів – природних пігментів, відповідальних за формування червоного забарвлення шкірочки.

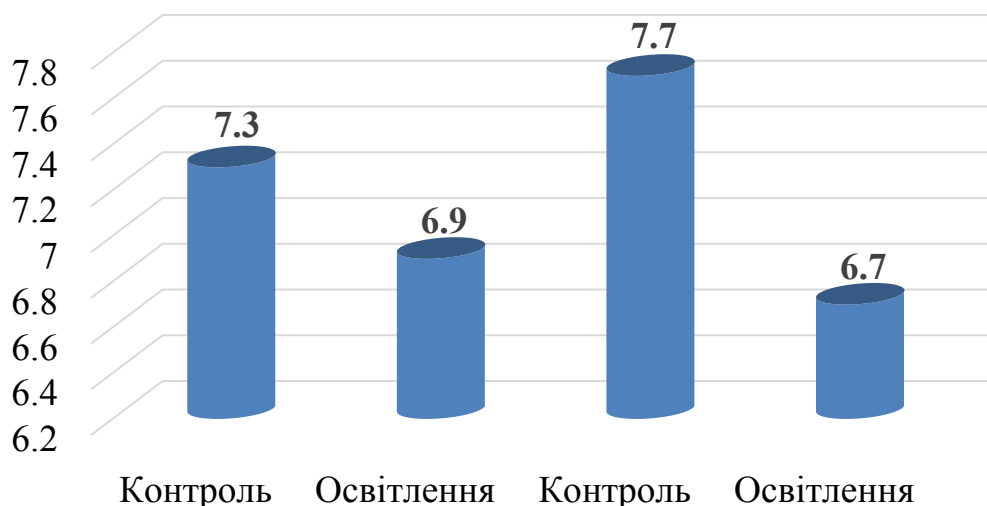


Рис. 2 Температура плоду зранку о 7.00, °С

У результаті цього процесу забарвлення плодів стало більш насиченим, рівномірним і привабливим, що не лише підвищує їх естетичну цінність, а й покращує комерційні характеристики урожаю. Таким чином, передзбиральна освітлювальна обрізка виявилася ефективним агротехнічним прийомом, який сприяє підвищенню температурної динаміки плодів, активізації біохімічних процесів та, як наслідок, покращенню інтенсивності та якості забарвлення яблук.

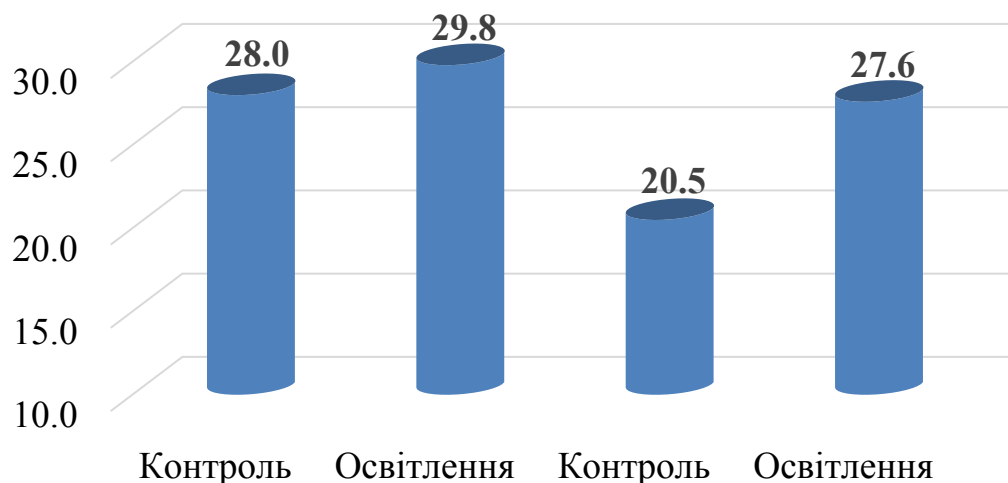


Рис. 3 Температура плоду вдень о 14.00, °C

Важливим показником, який характеризує споживчу цінність та смакові якості плодів яблук є цукри, переважно моносахариди (фруктоза, сахароза та глюкоза). Вміст цукрів буде залежати від сорту та умов вирощування. У середньому у плодах яблук міститься від 8 до 17% цукрів. Смак плодів яблук є дуже важливим показником, що впливає на вибір покупців у торговельних мережах. Смак плодів залежить від сортових особливостей, а також елементів технології.

За результатами проведених досліджень встановлено чітку пряму кореляційну залежність між вмістом цукрів у плодах яблуні та інтенсивністю їх забарвлення. Виявлено, що підвищення рівня освітленості крони внаслідок проведення освітлювальної обрізки сприяло активнішому фотосинтезу листків і, відповідно, інтенсивнішому накопиченню вуглеводів у плодах.

Зокрема, у дерев сорту Пінова вміст цукрів у плодах після обрізування становив 16,2%, що на 1,2% більше, ніж у контрольному варіанті (15,0%). Подібна тенденція спостерігалась і у сорту Фуджі – плоди на обрізаних деревах містили 17,0% цукрів, тоді як у контролі цей показник не перевищував 15,1%.

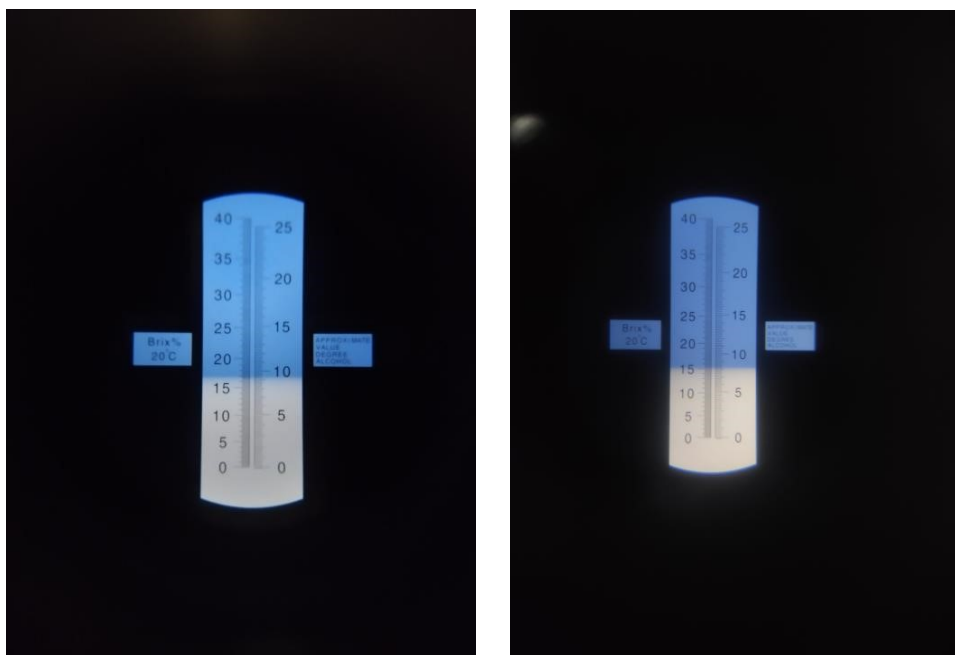


Рис. 4 Вміст цукру у плодів сорту Фуджі з освітленням крони (зліва) та на контрольному варіанті (справа), %

Отже, проведення передзбиральної освітлювальної обрізки за три тижні до збору врожаю створює сприятливі мікрокліматичні умови в кроні дерева – посилює ранкове охолодження та денне прогрівання плодів. Такі перепади температури, у поєднанні з кращим доступом сонячного світла, стимулюють синтез антоціанів і накопичення розчинних цукрів.

У результаті плоди відзначаються більш насиченим забарвленням, покращеними смаковими якостями та вищою товарною цінністю, що підкреслює ефективність застосування цього агротехнічного прийому в умовах інтенсивного садівництва.

Для визначення інтенсивності забарвлення плодів яблук залежно від освітлення крони нами було проведено сортування плодів за ступенем забарвлення. Сортували плоди на три фракції (табл. 1):

1. Площа забарвлення менше ніж на 50% площі плоду
2. Плід забарвлений на рівні 50-75% площі
3. Забарвлення площі плоду більше ніж на 70%

За результатами наших досліджень встановлено, що незалежно від сорту проведення обрізки дерев перед збиранням плодів значно покращило їх забарвлення. Так, плоди сорту Пінова на контрольних деревах мали не досить добре забарвлення. Нами встановлено, що 17% таких плодів мали забарвлення менше ніж на 50% поверхні. У 56% плодів забарвлення покривало 50-75% поверхні. І лише 27% плодів мали забарвлення на площі більше 75%. На деревах, де застосовували обрізування частка плодів із забарвленням менше 50% поверхні плоду була відсутня. Лише 7% плодів мали забарвлення поверхні шкірочки

плоду на 50-75%. Застосування передзбирального обрізування дерев сорту Пінова збільшило кількість плодів з рівнем забарвлення поверхні шкірочки від 75% до 93%. Різниця з контролем по даній фракції склала 66%.

1. Інтенсивність забарвлення плодів яблук залежно від способу освітлення, %

Частка поверхні плоду вкрита рум'янцем	Пінова		Фуджи	
	контроль	освітлення	контроль	освітлення
До 50%	17	0	21	4
50-75%	56	7	65	27
Більше 75%	27	93	14	69

Аналізуючи плоди сорту Фуджи ми спостерігаємо аналогічну тенденцію. Так, на контрольних деревах 2% плодів мало забарвлення поверхні менше ніж на 50%. Частка плодів забарвлених на 50-75% поверхні була на рівні 65%. Лише 14% плодів даного сорту мали забарвлення більше ніж на 75% поверхні. Обрізування дерев даного сорту збільшило частку плодів забарвлених більше ніж на 7% поверхні до 69%.

Таким чином, застосування передзбирального обрізування дерев сортів Пінова та Фуджі за три тижня до збирання врожаю значно покращує забарвлення плодів збільшуючи кількість плодів із забарвленням понад 75% поверхні плоду.



Рис. 5. Ступінь забарвлення плодів залежно від обрізування

Одним із основних показників у садівництві використання певних агротехнічних прийомів є економічна ефективність даних агрозаходів. Варто відмітити, що освітлення крони за три тижні до збору врожаю

ніякого впливу на урожайність дерев не мала (табл. 2). Але, за рахунок отримання більш інтенсивного забарвлення плодів застосування освітлювальної обрізки підвищила реалізаційну ціну на плоди.

Так, плоди сорту Фуджі, які були більш забарвлені продавались у супермаркети Харкова за ціною 16,0 грн/кг, у той час як плоди менш забарвлені цього ж сорту мали ціну 14,8 грн/кг. Аналогічна тенденція прослідковувалась із сортом Пінова, інтенсивно забарвлені плоди якого мали на 1,3 грн більшу ціну порівняно з менш забарвленими.

Затрати на вирощування інтенсивних насаджень яблуні складаються із вартості препаратів для захисту, добрив, заробітної плати працівників, вартості води та електроенергії для зрошення, збору врожаю. Так, у 2023 році загальна сума затрат у середньому становила 323 тис./грн. На проведення освітлювальної обрізки на 1 га було витрачено додатково 10500 грн. (вартість обрізки була на рівні 3 грн за дерево).

Застосування обрізування збільшило собівартість продукції для сорту Фуджі на 0,27 грн, а для сорту Пінова на 0,21 грн. Загальну вартість продукції мали більшу на деревах де проводили обрізування. Так, для сорту Фуджі застосування обрізування збільшило вартість продукції на 47,7 тис.грн/га, а для сорту Пінова на 62,7 тис.грн/га.

2. Економічна оцінка застосування передзбирального обрізування сортів яблуні

Показники	Фуджі		Пінова	
	контроль	освітлення	контроль	освітлення
Урожайність, т/га	39,7	39,7	48,2	48,2
Затрати, тис.грн/га	323,0	333,5	323,0	333,5
Затрати на обрізування тис.грн/га	0	10,5	0	10,5
Собівартість продукції, грн	8,13	8,4	6,7	6,91
Ціна реалізації, грн/т	14,8	16,0	14,2	15,5
Вартість продукції, тис.грн./га	587,5	635,2	684,4	747,1
Прибуток, тис.грн/га	264,5	301,7	361,4	413,6
Рівень рентабельності %.	81,8	90,4	111,9	124,0

Максимальну суму прибутку також отримано на деревах де застосовувалось передзбиральне обрізування 301,7 тис.грн для сорту Фуджі та 413,6 для сорту Пінова, що на 37,2 та 52,2 тис.грн/га більше порівняно з контролем, відповідно. Варто відмітити, що вирощування

сорт Пінова у 2023 році було більш прибутковим порівняно з сортом Фуджі, хоча і реалізовувався даний сорт за дещо нижчою ціною. Таким чином застосування освітленої обрізки за три тижні до збору плодів забезпечує збільшення рівня прибутку для обох досліджуваних сортів.

Оцінюючи вплив передзбиральної обрізки на рентабельність вирощування інтенсивних насаджень яблуні, встановлено, що даний агрозахід збільшує рівень рентабельності для сорту Фуджі на 8,6%, а сорту Пінова на 12,1%.

Висновки. Таким чином для покращення забарвлення плодів, їх смакових властивостей та підвищення економічної ефективності вирощування яблуні рекомендуємо у інтенсивних насаджень двокольорових сортів за три тижні до збору врожаю проводити видалення на деревах всіх однорічних приростів довше 20 см залишаючи пенек довжиною близько 5 см.

Конфлікт інтересів. Немає.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Аграрний сектор економіки. Основні господарсько-біологічні та господарсько-цінні ознаки сортів яблуні [Електронний ресурс]. - Режим доступу : URL: <http://agroua.net/plant/catalog/cg-46/c-53/info/cag-89>.
2. Заморський В.В. Товарні властивості плодів яблуні (*Malus domestica* Borkh.) залежно від конструкції насаджень. *Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин*. 2013. № 2. С. 69-72 http://nbuv.gov.ua/j-pdf/stopnsr_2013_2_18.pdf.
3. Сало І. А. Перспективи експорту плодів з України. *Вісник аграрної науки*. 2015. № 11. С. 62-65.
4. Кондратенко Т. Є. Як впливає клімат. *Садівництво по-українськи*. 2015. № 2. С. 24-26.
5. Кондратенко П. В. Бублик М. О. Методика проведення польових досліджень з плодовими культурами. Київ. Аграрна наука, 1996. - 95 с.
6. Леус В.В., Шубенко Л.А., Муленок Я.О., Механізоване обрізування інтенсивних насаджень яблуні в умовах лівобережного Лісостепу України. *Аграрні інновації*. 2023. №22. С. 69-73 <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.22>
7. Леус В.В., Шубенко Л.А., Кубрак С.М. Ефективність застосування мікродобрив в інтенсивному саду яблуні ТОВ «Харківська фруктова компанія». *Садівництво*. 2023, № 78. С. 111-120. [DOI:10.35205/0558-1125-2023-78-111-120](https://doi.org/10.35205/0558-1125-2023-78-111-120)
8. Леус, В. В., Шубенко, Л. А., Муленок, Я. О. Способи прорідження інтенсивних насаджень яблуні сорту Пінова в умовах лівобережного лісостепу України. VII Міжнародна науково-практична конференція Наукові засади підвищення ефективності

сільськогосподарського виробництва. Харків ДБТУ. 2023. С. 130-132
<https://repo.btu.kharkov.ua/bitstream/123456789/45086>

9. Мельник О.В., Кравцова Я.О. Освітленість крони в насадженнях яблуні залежно від строку обрізування. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2017. №2. С. 67-71
<https://cyberleninka.ru/article/n/osvitlenist-kroni-v-nasadzhenyah-yabluni-zalezho-vid-stroku-obrizuvannya>

10. Мельник О.В. Інтенсивний яблуневий сад: закладання та догляд. *Новини садівництва*. 2019. №1. С. 2–3.

11. Djordjević B. Effects of different times of summer pruning to productivity and fruits quality of apple cultivar Gala Brookfield. *Annals of the University of Craiova-Agriculture, Montanology, Cadastre Series*. 2020. 49(1). P 26-31.

12. Curry, E. A. Temperatures for optimum anthocyanin accumulation in apple tissue. *Journal of Horticultural Science*. 1997. 72(5), 723-729

13. Honda C., Bessho H., Murai M., Iwanami H., Moriya S., Abe K., Wada M., Moriya-Tanaka, Y., Hayama, H., Tatsuki M. Effect of Temperature on Anthocyanin Synthesis and Ethylene Production in the Fruit of Early- and Medium-maturing Apple Cultivars during Ripening Stages. *HortScience horts*. 2014. 49(12), P 1510-1517.
<https://doi.org/10.21273/HORTSCI.49.12.1510>

14. Ju Z, Duan Y, Ju Z. Effects of covering the orchard floor with reflecting films on pigment accumulation and fruit coloration in 'Fuji' apples. *Scientia Horticulturae*. 1999. Volume 82, Pages 47-56 DOI: [10.1016/S0304-4238\(99\)00038-2](https://doi.org/10.1016/S0304-4238(99)00038-2)

15. Li Z, Gemma H, Iwahori S. Fruit color development, anthocyanin content, standard quality, volatile compound emissions and consumer acceptability of several 'Fuji' apple strains. *Scientia Horticulturae*. 2012. Volume 137, Pages 138-147 DOI: [10.1016/S0304-4238\(01\)00363-6](https://doi.org/10.1016/S0304-4238(01)00363-6)

16. Lee J. C., Park Y. S., Jeong H. N., Kim J. H., Heo J. Y. Temperature changes affected spring phenology and fruit quality of apples grown in high-latitude region of South Korea. *Horticulturae*. 2023. 9(7). P 794.

17. Lugaesi A., Steffens C. A., Souza M. P. D., Amarante C. V. T. D., Brighenti A. F., Pasa M. D. S., Martin M. S. D. Late summer pruning improves the quality and increases the content of functional compounds in Fuji apples. *Bragantia*, 2022. 81. P 3122.

18. Moor, U., Moor, A., Pöldma, P., Heinmaa, L. Consumer preferences of apples in Estonia and changes in attitudes over five years. *Agricultural and Food Science*. 2014. 23(2), 135–145. <https://doi.org/10.23986/afsci.40936>

19. Willsea N., Blanco V., Rajagopalan K., Campbell T., Howe O., Kalcsits L. Reviewing the tradeoffs between sunburn mitigation and red color development in apple under a changing climate. *Horticulturae*. 2023. 9(4). P 492.

20. Willsea N., Blanco V., Howe O., Campbell T., Biasuz E. C., Kalcsits L. Retractable Netting and Evaporative Cooling for Sunburn Control and Increasing Red Color for ‘Honeycrisp’ Apple. *HortScience*. 2023. 58(11). P 1341-1347.

REFERENCES

1. Agrarian Sector of the Economy. (n.d.). *Main economic and biological characteristics and valuable traits of apple varieties*. URL: <http://agroua.net/plant/catalog/cg-46/c-53/info/cag-89>
2. Zamorskyi, V. V. (2013). Commodity characteristics of apple fruits (*Malus domestica* Borkh.) depending on the design of plantations. *Variety Research and Protection of Plant Variety Rights*, (2), 69–72. Retrieved from http://nbuv.gov.ua/j-pdf/stopnsr_2013_2_18.pdf
3. Salo, I. A. (2015). Prospects for fruit export from Ukraine. *Bulletin of Agrarian Science*, (11), 62–65.
4. Kondratenko, T. Ye. (2015). How climate affects. *Horticulture in Ukrainian*, (2), 24–26.
5. Kondratenko, P. V., & Bublyk, M. O. (1996). *Methodology for conducting field experiments with fruit crops*. Kyiv: Agrarian Science.
6. Leus, V. V., Shubenko, L. A., & Mulionok, Ya. O. (2023). Mechanized pruning of intensive apple orchards under the conditions of the left-bank Forest-Steppe of Ukraine. *Agrarian Innovations*, (22), 69–73. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.22>
7. Leus, V. V., Shubenko, L. A., & Kubrak, S. M. (2023). Efficiency of applying microfertilizers in the intensive apple orchard of LLC “Kharkiv Fruit Company”. *Horticulture*, (78), 111–120. <https://doi.org/10.35205/0558-1125-2023-78-111-120>
8. Leus, V. V., Shubenko, L. A., & Mulienok, Y. O. (2023). Methods of thinning intensive apple plantations of the ‘Pinova’ variety under the conditions of the left-bank Forest-Steppe of Ukraine. *VII International Scientific and Practical Conference “Scientific Principles for Improving the Efficiency of Agricultural Production”* (pp. 130–132). Kharkiv: DBTU. Retrieved from <https://repo.btu.kharkov.ua/bitstream/123456789/45086>
9. Melnyk, O. V., & Kravtsova, Ya. O. (2017). Crown illumination in apple plantations depending on pruning time. *Bulletin of the Uman National University of Horticulture*, (2), 67–71.
10. Melnyk, O. V. (2019). Intensive apple orchard: Establishment and maintenance. *Horticultural News*, (1), 2–3.
11. Djordjević, B. (2020). Effects of different times of summer pruning on productivity and fruit quality of apple cultivar *Gala Brookfield*. *Annals of the University of Craiova – Agriculture, Montanology, Cadastre Series*, 49(1), 26–31.

12. Curry, E. A. (1997). Temperatures for optimum anthocyanin accumulation in apple tissue. *Journal of Horticultural Science*, 72(5), 723–729.

13. Honda, C., Bessho, H., Murai, M., Iwanami, H., Moriya, S., Abe, K., Wada, M., Moriya-Tanaka, Y., Hayama, H., Tatsuki, M. (2014). Effect of temperature on anthocyanin synthesis and ethylene production in the fruit of early- and medium-maturing apple cultivars during ripening stages. *HortScience*, 49(12), 1510–1517.
<https://doi.org/10.21273/HORTSCI.49.12.1510>

14. Ju, Z., Duan, Y., & Ju, Z. (1999). Effects of covering the orchard floor with reflecting films on pigment accumulation and fruit coloration in ‘Fuji’ apples. *Scientia Horticulturae*, 82, 47–56.
[https://doi.org/10.1016/S0304-4238\(99\)00038-2](https://doi.org/10.1016/S0304-4238(99)00038-2)

15. Li, Z., Gemma, H., & Iwahori, S. (2012). Fruit color development, anthocyanin content, standard quality, volatile compound emissions and consumer acceptability of several ‘Fuji’ apple strains. *Scientia Horticulturae*, 137, 138–147. [https://doi.org/10.1016/S0304-4238\(01\)00363-6](https://doi.org/10.1016/S0304-4238(01)00363-6)

16. Lee, J. C., Park, Y. S., Jeong, H. N., Kim, J. H., & Heo, J. Y. (2023). Temperature changes affected spring phenology and fruit quality of apples grown in a high-latitude region of South Korea. *Horticulturae*, 9(7), 794.

17. Lugaresi, A., Steffens, C. A., Souza, M. P. D., Amarante, C. V. T. D., Brighenti, A. F., Pasa, M. D. S., & Martin, M. S. D. (2022). Late summer pruning improves the quality and increases the content of functional compounds in Fuji apples. *Bragantia*, 81, 3122.

18. Moor, U., Moor, A., Põldma, P., & Heinmaa, L. (2014). Consumer preferences of apples in Estonia and changes in attitudes over five years. *Agricultural and Food Science*, 23(2), 135–145.
<https://doi.org/10.23986/afsci.40936>

19. Willsea, N., Blanco, V., Rajagopalan, K., Campbell, T., Howe, O., & Kalcsits, L. (2023). Reviewing the tradeoffs between sunburn mitigation and red color development in apple under a changing climate. *Horticulturae*, 9(4), 492.

20. Willsea, N., Blanco, V., Howe, O., Campbell, T., Biasuz, E. C., & Kalcsits, L. (2023). Retractable netting and evaporative cooling for sunburn control and increasing red color for ‘Honeycrisp’ apple. *HortScience*, 58(11), 1341–1347.

Leus V. V., PhD (Agricultural Sciences), Associate Professor
Mulienok Y. O., PhD (Agricultural Sciences), Teacher
State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine

The effect of pre-harvest pruning of the apple trees, grown in the intensive plantations, on the quality of fruit coloring

Abstract. The results of the complex research aimed at studying the effect of pre-harvest pruning on the formation of the coloring intensity of apple tree fruit in the conditions of the intensive orchard plantations in Kharkiv region were presented in the paper. The quality of a fruit appearance, in particular glow brightness and intensity, is an important factor in making the produce competitive, because it is the color that is the major criterion for a consumer's choice. The purpose of the research was to estimate the efficiency of the application of canopy lighting pruning three weeks before fruit harvesting which was carried out to improve coloring and taste characteristics of the apples.

The research was carried out in the production conditions of “Kharkiv fruit company” Ltd.; the cultivars of winter ripening terms, Pinova and Fuji, were studied. Pre-harvest pruning consisted in removing one-year-old and 20-cm long shoots to improve the fruit access to the light. It was found out that the improved lighting facilitated a more intensive warming of the fruit at the day time and their higher cooling at night, which in turn activated the anthocyanin synthesis, namely natural pigments, responsible for fruit red coloring.

As a result, the number of the fruit with 75% surface coloring increased from 27% up to 93% for cultivar Pinova; the indicators for cultivar Fuji were from 14% up to 69%. In addition, the increase of sugar content in the fruit by 1.2 – 1.9% was recorded; it had a positive effect on their taste properties. The economic evaluation showed that the application of pre-harvest pruning enhanced the income by 37.2-52.2 th. UAH/ha, the profitability level increased by 8.6-12%, as compared with the control.

Hence, pre-harvest crown pruning three weeks before harvesting is a highly effective technological technique which both improves decorative and commodity characters of the fruit and facilitates the enhancement of their taste value as well as the economic return of the intensive orchards. The results prove that it is expedient to introduce this method into business practice of the present-day horticulture.

Key words: apple-tree, pre-harvest pruning, fruit coloring, anthocyanins, economic efficiency

ЗЕМЛЕРОБСТВО

УДК 631.431:631.582.4:631.1:582:582.4

DOI 10.5281/zenodo.18538446

С.І. Кудря, д-р с.-г. наук, професор

Н.А. Кудря, канд. с.-г наук, доцент

Державний біотехнологічний університет, Харків, Україна

ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ КОРОТКОРОТАЦІЙНИХ СІВОЗМІН З БОБОВИМ КОМПОНЕНТОМ

Постановка проблеми. Функціонування будь-якої екосистеми ґрунтується на використанні енергії. Аналіз природних процесів з енергетичної точки зору дає змогу узагальнено пояснити їх перебіг. Відтак, системно-енергетичний підхід можна розглядати як метод дослідження складних систем через оцінку їх енергетичного стану. **Мета.** Оцінити енергетичну доцільність розвитку органічних агроєкосистем різної спеціалізації стосовно потенціалу біопродуктивності чорнозему типового Лівобережного Лісостепу України. **Методи.** Для реалізації мети застосовували загальнонаукові та спеціальні методи, характерні для аграрних досліджень. Об'єктом дослідження виступали сівозмінні. Технологічні підходи мали екологічну спрямованість, що передбачало повну відмову від синтетичних компонентів. **Результати.** Наведено аналіз енергетичної ефективності польових сівозмін короткої ротації, за результатами досліджень їх продуктивності в умовах Лісостепу Лівобережного. Розрахунки енергетичної ефективності сівозмін з буряками цукровими показали, що бобові культури, які використовували як попередники пшениці озимої в короткоротаційних сівозмінах при органічній системі удобрення, забезпечують коефіцієнт енергетичної ефективності в межах від 1,23 у разі використання сочевиці до 1,38 для сівозмін з горохом та соєю. У сівозмінах із чиною та вико-вівсяною сумішкою значення цього коефіцієнта становило 1,31. Низькі показники співвідношення між енергоємністю врожаю та витратами енергії спостерігали у сівозміні з кукурудзою на силос — 1,01, що свідчить про меншу ефективність використання енергетичних ресурсів у цьому випадку. Енергетична ефективність сівозмін, в яких на третій рік ротації висівали гречку, була нижчою на 15–34 %, в них енергетичні витрати на виробництво продукції рослинництва в середньому по сівозмінах знизилися, проте при цьому ще більш інтенсивно зменшувалася енергоємність врожаю — на 24–38 %, на показник якої впливала продуктивність гречки. Як наслідок, майже всі сівозміни з гречкою демонстрували зниження коефіцієнта енергетичної ефективності на 0,06–0,25 одиниць. **Висновки.** Найвищу енергетичну ефективність забезпечили сівозміни, де в якості попередників пшениці озимої були використані горох, соя та квасоля. Це підтверджується як високими показниками енергоємності врожаю, так і значеннями коефіцієнта енергетичної ефективності.

Ключові слова: дослід, енергія, ефективність, продуктивність, сівозміна.

Вступ. Функціонування будь-якої екосистеми ґрунтується на використанні енергії. Аналіз природних процесів з енергетичної точки зору дає змогу узагальнено пояснити їх перебіг. Енергія є універсальною

мірою руху та взаємодії форм матерії, поєднуючи наші знання про різні природні явища в цілісну систему. Відтак, системно-енергетичний підхід можна розглядати як метод дослідження складних систем через оцінку їх енергетичного стану.

Головним завданням сільськогосподарського виробництва є результативне перетворення сонячної енергії на хімічну енергію, що накопичується в органічній речовині. Усі процеси перетворення мінеральних і органічних сполук, біохімічні та фізіологічні зміни, діяльність ґрунтової мікрофлори й функціонування екосистем загалом відбуваються з витратами енергії [1, 2].

Функціонування будь-якої екосистеми ґрунтується на використанні енергії. Аналіз природних процесів з енергетичної точки зору дає змогу узагальнено пояснити їх перебіг. Відтак, системно-енергетичний підхід можна розглядати як метод дослідження складних систем через оцінку їх енергетичного стану.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У сучасному землеробстві для оцінки технологій вирощування польових культур широко застосовується показник енергетичної ефективності – коефіцієнт енергетичної ефективності (K_{ee}), який визначається як співвідношення між загальними витратами енергії та енергетичним виходом урожаю. Варто зазначити, що основи такого підходу були закладені ще в другій половині XIX ст. С. А. Подолінським. Нині енергетичний аналіз є загальноприйнятим методом, що відображає рівень енергетичної віддачі у формі рослинницької продукції на одиницю витрачених промислових енергоресурсів [3–9].

Як зазначають О. К. Медведовський, П. І. Іваненко, М. М. Севернев, В. А. Токарев та ін. дослідники, енергетична оцінка передбачає визначення ефективності технології за співвідношенням енергії, що надходить з урожаєм, до обсягів використаної непоновлюваної енергії [10]. Водночас енергетичний аналіз дає змогу встановлювати екологічно обґрунтовані межі енергонасичення на одиницю площі.

У 2001 році Ю. О. Тараріко, О. Є. Несмашна та Л. Д. Глущенко [11] узагальнили та вдосконалили наявні методики, на основі яких було розроблено методичні рекомендації з аналізу й оцінки різних агротехнологій, систем землеробства та загалом аграрного виробництва з позиції їх енергетичної ефективності. Це дало змогу визначати енерговитрати на одиницю продукції, а також враховувати зміни еколого-енергетичних характеристик у структурі енергобалансу агроєкосистеми.

У науковій літературі все більше зустрічаються матеріали з енергетичної оцінки. Але частіше оцінюється ефективність вирощування окремо взятої сільськогосподарської культури [12–15], і

рідше ланки сівозміни чи сівозміни взагалі [16, 17]. У цій статті проведено аналіз енергетичної ефективності 16-ти короткоротаційних сівозмін з бобовим компонентом за органічної системи землеробства.

Мета роботи – оцінити енергетичну доцільність розвитку органічних агроєкосистем різної спеціалізації стосовно потенціалу біопродуктивності чорнозему типового Лісостепу Лівобережного.

Методика досліджень. Дослідження виконували в стаціонарному польовому досліді кафедри землеробства та гербології ім. О. М. Можейка на базі Навчально-науково-виробничого центру «Дослідне поле Докучаєвське». Експериментальна ділянка розташована на землях державного підприємства науково-дослідного господарства «Докучаєвське», поблизу селища Велика Рогань Харківського району Харківської області. Період проведення досліджень охоплював 1996–2019 рр.

У ході дослідницької роботи для реалізації поставленої мети застосовували як загальнонаукові, так і спеціальні методи, характерні для аграрних досліджень:

- експериментальний метод – вивчення різних типів сівозмін;
- аналітичний метод – дослідження об'єкта та його окремих складових;
- синтетичний метод – формування узагальнень і наукових висновків;
- розрахунково-порівняльний метод – забезпечення об'єктивної оцінки експериментальних результатів, зокрема продуктивності й енергетичної ефективності сівозмін короткої ротації.

Енергетичну оцінку вирощування окремих культур і застосування різних сівозмін здійснювали за показниками енергоємності продукції, приросту валової енергії та коефіцієнта енергетичної ефективності (К_е), використовуючи нормативи витрат валової енергії [18, 19]. Розрахунки енергетичних витрат на виробництво сільськогосподарської продукції виконували з урахуванням загальноприйнятих енергетичних еквівалентів.

Отже, головним об'єктом дослідження виступали сівозміни. Технологічні підходи, реалізовані в дослідях, мали екологічну спрямованість, що передбачало повну відмову від використання синтетичних компонентів.

Стаціонарний дослід було започатковано у 1962 році. У його межах вивчали 16 варіантів польових сівозмін короткої ротації з різними схемами чергування культур:

1. Чистий пар–пшениця озима–буряки цукрові–ячмінь ярий;
2. Чистий пар–пшениця озима–гречка–ячмінь ярий;
3. Горох–пшениця озима–буряки цукрові–ячмінь ярий;

4. Горох–пшениця озима–гречка–ячмінь ярий;
5. Чина–пшениця озима–буряки цукрові–ячмінь ярий;
6. Чина–пшениця озима–гречка–ячмінь ярий;
7. Сочевиця–пшениця озима–буряки цукрові–ячмінь ярий;
8. Сочевиця–пшениця озима–гречка–ячмінь ярий;
9. Вико-овес–пшениця озима–буряки цукрові–ячмінь ярий;
10. Вико-овес–пшениця озима–гречка–ячмінь ярий;
11. Соя–пшениця озима–буряки цукрові–ячмінь ярий;
12. Соя–пшениця озима–гречка–ячмінь ярий;
13. Квасоля–пшениця озима–буряки цукрові–ячмінь ярий;
14. Квасоля–пшениця озима–гречка–ячмінь ярий;
15. Кукурудза–пшениця озима–буряки цукрові–ячмінь ярий;
16. Кукурудза–пшениця озима–гречка–ячмінь ярий.

Таким чином, сівозміни відрізнялися першими та третіми культурами. Попередниками пшениці озимої, тобто першими культурами сівозмін, виступали: чистий пар, горох на зерно, чина на зерно, сочевиця на зерно, вико-вівсяна сумішка на зелений корм, соя на зелений корм, квасоля на зерно та кукурудза на силос. Загальна площа стаціонару становила 4 га, розмір кожного поля в сівозміні – 1 га. Площа посівної ділянки сягала 142 м², облікової – 50–100 м². Включення в сівозміну здійснювали двома полями. Варіанти досліду розміщувалися систематично з триразовим повторенням. При закладанні та проведенні польового стаціонарного досліду застосовували стандартизовані методики, загальноприйняті у дослідженнях, описані А. О. Рожковим, В. О. Єщенком, В. Г. Дідорою [20, 21, 22] та іншими науковцями.

Агротехнічні прийоми вирощування сільськогосподарських культур у досліді відповідали рекомендаціям для умов Харківської області [23, 24], за винятком окремих експериментальних заходів. Використовували сорти та гібриди культур, включені до Державного реєстру сортів і рослин, придатних для вирощування в Лісостеповій зоні.

Результати та обговорення. Рівень енергетичної та економічної ефективності при вирощуванні сільськогосподарських культур безпосередньо пов'язаний з величиною отриманого врожаю та обсягом витрат, що понесені на вирощування, включаючи витрати на насіння, паливно-мастильні матеріали, робочу силу та амортизацію [25].

Енергетична оцінка застосованих технологічних рішень є процедурою, спрямованою на визначення співвідношення між загальною енергією, вкладеною у виробництво врожаю, та енергією, що фактично відновлюється в готовій продукції. Крім того, вона включає аналіз енергоємності виробництва одиниці продукції або одиниці спожитої вартості, що дозволяє оцінити ефективність використання енергетичних ресурсів у сільськогосподарському виробництві.

Енергоємність урожаю основної продукції культур у сівозмінах безпосередньо залежить від рівня їх урожайності та повторює її динаміку. Найвищі значення енергоємності врожаю у короткоротаційних сівозмін із буряками цукровими, що відповідають одночасно максимальній продуктивності, були зафіксовані в сівозмінах із горохом та соєю — 18,2 і 18,1 гкал/га відповідно (табл. 1). У решті варіантів спостерігалось зниження цього показника в межах від 3 до 19 %. Зростання енергоємності в цих сівозмінах було досягнуто за рахунок найвищої продуктивності товарної продукції культур, яка складала 3,75 і 3,78 т к.-п. од. відповідно. Слід зазначити, що бобові культури горох на соя мають високу забезпеченість кормової одиниці перетравним протеїном, що разом із порівняно високою врожайністю цих культур забезпечувало вищу енергоємність урожаю. Введення в сівозміни сочевиці, вико-вівсяної сумішки та чини дещо знижувало продуктивність ланок сівозмін, що є наслідком їх нижчої врожайності. Найбільш помітне зниження енергоємності було відзначене в сівозмінах з чистим паром (14,7 гкал), та з кукурудзою на силос (15,5 гкал). Таке зниження енергоємності врожаю в паровій сівозміні обумовлено відсутністю продукції у полі чистого пару, незважаючи на те, що врожайність усіх послідуєчих культур була найвищою. У разі використання кукурудзи на силос, як попередника пшениці озимої, зниження продуктивності було пов'язане з найнижчою енергетичною цінністю зеленої маси кукурудзи та низькою врожайністю всіх послідуєчих культур. А сівозміни, які включали інші бобові культури чину, сочевицю та сумішку вики з вівсом, демонстрували порівняно вищий рівень енергоємності врожаю (15,7-17,6 гкал), що пов'язано не тільки з їх урожайністю, але і з поживною цінністю їх продукції.

Енергетичні витрати варіювали від 12,0 гкал у сівозміні з чиною до 15,4 гкал у сівозміні з кукурудзою на силос. При цьому не спостерігалось прямої залежності між величиною енергетичних витрат і енергоємністю сівозмін. Зокрема, найбільші витрати енергії були зафіксовані в сівозміні, де першою культурою виступала кукурудза на силос, що свідчить про підвищені потреби в технологічній обробці та догляді за цією культурою порівняно з іншими варіантами перших культур сівозмін. За умов максимальних енергетичних витрат коефіцієнт енергетичної ефективності у відповідній сівозміні виявився найнижчим (1,01), що свідчить про меншу віддачу енергії при інтенсивному використанні ресурсів. Загалом, спостерігалися такі тенденції в зміні коефіцієнта енергетичної ефективності: найвищі значення були характерні для сівозмін з попередниками пшениці озимої — горох і соя (1,40 і 1,38); дещо нижчий рівень ефективності відзначався в сівозмінах із попередниками квасолею, чиною та вико-вівсяною сумішкою — 1,34; 1,31 та 1,31 відповідно. Дослідженнями виявлено зниження енергетичної

ефективності сівозміни з сочевицею, що відбулося за рахунок зменшення енергоємності врожаю як і в сівозміні з чистим паром. Найнижчі значення спостерігалися в сівозміні з попередником пшениці кукурудзою на силос. Отримані результати досліджень підкреслюють вплив попередника на ефективність використання енергетичних ресурсів у сівозміні.

1. Енергетична ефективність сівозмін короткої ротації з буряками цукровими, у розрахунку на 1 га

Показник	Попередник пшениці озимої							
	чистий пар	горох	чина	сочевиця	вико-овес	соя	квасоля	кукурудза
Продуктивність сівозміни, т к.-п. од.	3,21	3,75	3,53	3,72	3,71	3,78	3,36	3,39
Енергетичні витрати, гкал	12,3	13,0	12,0	12,9	13,4	13,1	13,2	15,4
Енергоємність уражаю, гкал	14,7	18,2	15,7	15,9	17,6	18,1	17,7	15,5
Коефіцієнт енергетичної ефективності	1,20	1,40	1,31	1,23	1,31	1,38	1,34	1,01

Отже, найвищу енергетичну ефективність забезпечили сівозміни, де в якості попередників пшениці озимої були використані горох, соя та квасоля. Це підтверджується як високими показниками енергоємності врожаю, так і значеннями коефіцієнта енергетичної ефективності, що свідчить про оптимальне використання енергетичних ресурсів у таких сівозмінах.

Дослідження енергетичної ефективності короткоротаційних сівозмін, в яких на третій рік ротації висівали гречку (табл. 2) показали, що енергетичні витрати на виробництво продукції рослинництва в середньому по сівозмінах знизилися на 15–34 % порівняно з буряковими сівозмінами. Проте ще більш інтенсивно зменшувалася енергоємність врожаю — на 24–38 %, на показник якої впливала продуктивність гречки, яка за нашими даними була в 4,7 рази нижчою порівняно з буряками цукровими. Як наслідок, майже всі сівозміни демонстрували зниження коефіцієнта енергетичної ефективності на 0,06–0,25 одиниць. Як показали дослідження, у сівозмінах з чистим паром, квасолею та

кукурудзою коефіцієнт енергетичної ефективності був найнижчим – 1,10; 1,09 і 1,10 відповідно. Сівозміни з бобовими культурами горохом, чиною, сочевицею, соєю та вико-вівсяною сумішкою забезпечили порівняно вищу енергоємність урожаю, яка коливалася від 11,6 до 12,4 гкал, що в свою чергу підвищило коефіцієнт енергетичної ефективності від 1,14 до 1,17.

2. Енергетична ефективність сівозмін короткої ротації з гречкою, у розрахунку на 1 га

Показник	Попередник пшениці озимої							
	чистий пар	горох	чина	сочевиця	вико-овес	соя	квасоля	кукурудза
Продуктивність сівозміни, т к.-п. од.	2,17	2,71	2,55	2,66	2,68	2,77	2,39	2,44
Енергетичні витрати, гкал	9,0	10,5	10,2	10,3	10,4	10,6	10,0	10,1
Енергоємність урожаю, гкал	9,9	12,3	11,6	12,1	12,2	12,4	10,9	11,1
Коефіцієнт енергетичної ефективності	1,10	1,17	1,14	1,17	1,17	1,17	1,09	1,10

Висновки. Розрахунки енергетичної ефективності показали, що бобові культури у короткоротаційних сівозмінах забезпечують вищий коефіцієнт енергетичної ефективності порівняно з сівозмінами в яких попередниками пшениці були кукурудза на силос та чистий пар. Їх поживна цінність і позитивний вплив на формування врожаю послідовних культур забезпечили вищу енергоємність урожаю та сприяли раціональному співвідношенню її до енергетичних затрат.

Конфлікт інтересів. Немає.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Власенко В. С. Енергетична ефективність зерно-просапної ланки плодозмінної сівозміни залежно від агротехнічних заходів у Лівобережному Лісостепу України. *Новітні агротехнології: теорія та практика*: тези доп. Міжнар. наук.-практ. конф., присвяч. 95-річчю Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН, Київ, 11 лип. 2017 р. Вінниця: Нілав ЛТД, 2017. С. 24–25.

2. Маслак О. І. Ринок зерна: прогноз на новий врожай. *Пропозиція*. 2009. № 8. С. 44–47.

3. Методика біоенергетичної оцінки систем землеробства / Ю. Тараріко, О. Козаченко, Р. Сайдак та ін.; за ред. Ю. Тараріко. Київ: ДІА, 2012. 33 с.

4. Методика біоенергетичного оцінювання систем землеробства; за ред. Ю. О. Тараріко. Київ: Аграрна наука, 2013. 39 с.

5. Тараріко Ю. О. Гумусний стан дерново-підзолистого ґрунту та еколого-енергетична ефективність органічних і мінеральних добрив на Поліссі. *Вісник аграрної науки*. 2002. № 7. С. 5–10.

6. Тараріко Ю. О. Рекомендації з формування біоенергетичних агроєкосистем. Науково-технологічне забезпечення аграрного виробництва (Лівобережний Лісостеп). Київ: ДІА, 2010. 156 с.

7. Формування енергогенеруючих біоорганічних агроєкосистем. Науково-технологічне забезпечення аграрного виробництва / за ред. Ю. Тараріко. Київ: ДІА, 2008. С. 25–53.

8. Гриник І. В., Єгоров О. В. Продуктивність та енергетична ефективність короткоротаційних сівозмін за різного рівня їх інтенсифікації. *Вісник аграрної науки*. 2006. № 8. С. 24–26.

9. Кудря С. І., Казюта А. О. Енергетична ефективність вирощування цукрових буряків у сівозмінах короткої ротації. *Вісник ХНАУ. Ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове господарство, екологія ґрунтів*. 2012. № 3. С. 136–139.

10. Корчемний М., Федорейко В., Щербань В. Енергозбереження в агропромисловому комплексі: монографія. Тернопіль: Підручники & посібники, 2001. 657 с.

11. Тараріко Ю. О. Несмашна О. Є., Глущенко Л. Д. Енергетична оцінка систем землеробства і технологій вирощування сільськогосподарських культур: методичні рекомендації. Київ: Нора-прінт, 2001. 60 с.

12. Іваніна Р. В. Енергетична ефективність вирощування сільськогосподарських культур у зернових ланках сівозміни. *Таврійський науковий вісник*. № 110. Ч. 1. С. 82–87. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2019.110-1.11>.

13. Енергетична ефективність вирощування сільськогосподарських культур за різних систем удобрення сірого лісового ґрунту / С. Ю. Булигін, С. В. Вітвіцький, О. Л. Тонха, М. А. Ткаченко. *Вісник аграрної науки*. 2024. Т. 102. № 5(854). С. 5–14. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202405-01>.

14. Кривенко А. І. Енергетична ефективність технологій вирощування пшениці озимої у сівозмінах південного степу України. *Біоресурси і природокористування*. 2019. Том 11. № 1–2. С. 115–127. <https://doi.org/10.31548/bio2019.01.013>.

15. Гангур В. В., Космінський О. О. Біоенергетична оцінка ефективності різних рівнів мінерального живлення у технології

виращування соняшника. *Scientific Progress & Innovations*. 2024. № 27(1). С. 13–18. <https://10.31210/spi2024.27.01.02>.

16. Бондар С. О. Енергетична ефективність ланки різноротаційних сівозмін. *Новітні агротехнології*. 2017. № 5. С. 12–26. <https://doi.org/10.21498/na.5.2017.122233>.

17. Енергетичні засади ефективного використання ресурсів у сільському господарстві / П. І. Бойко, Н. П. Коваленко, В. В. Гангур, О. Є. Корецький. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. Полтава, 2010. № 3. С. 14–18. URL: <https://www.pdaa.edu.ua>.

18. Енергетична оцінка агроєкосистем: навч. посіб. / О. Ф. Смаглій та ін. Житомир: Волинь, 2004. 132 с.

19. Біоенергетична оцінка сільськогосподарського виробництва (науково-методичне забезпечення) / Ю. О. Тараріко та ін. Київ: Аграрна наука, 2005. 200 с.

20. Дослідна справа в агрономії: навч. посіб. Теоретичні аспекти дослідної справи / А. О. Рожков та ін.; за ред. А. О. Рожкова; у 2 кн. кн. 1. Харків: Майдан, 2016. 316 с. <https://repo.btu.kharkov.ua/handle/123456789/33532>.

21. Основи наукових досліджень в агрономії / В. О. Єщенко та ін. Вінниця: Едельвейс і К, 2014. 288 с.

22. Методика наукових досліджень в агрономії: навч. посіб. / В. Г. Дідора та ін. Київ: Центр учбової літератури, 2013. 264 с.

23. Система ведення сільського господарства Харківської області (наукове супроводження «Комплексної програми розвитку сільського господарства Харківської області у 2001–2005 роках та на період до 2010 року») / М. Д. Безуглий та ін. Харків, 2001. 292 с.

24. Сучасні ресурсозберігаючі ґрунтозахисні технології вирощування зернових культур в господарствах Харківської області на 2006–2010 роки: рекомендації / І. М. Войтов та ін. Харків, 2006. 28 с.

25. Пиркін В. І. Бурякоцукрове виробництво в умовах кризи. *Цукрові буряки*. 2009. № 3. С. 4–6.

REFERENCES

1. Vlasenko, V. S. (2017). Energy efficiency of the grain-row crop link in a crop rotation depending on agrotechnical measures in the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine. In *Modern Agrotechnologies: Theory and Practice: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference dedicated to the 95th anniversary of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet of NAAS* (Kyiv, July 11, 2017, pp. 24–25). Vinnytsia: Nilav LTD.

2. Maslak, O. I. (2009). Grain market: Forecast for the new harvest. *Propozytsiia*, 8, 44–47.

3. Tarariko, Y., Kozachenko, O., Saidak, R., et al. (2012). *Methodology of bioenergetic assessment of farming systems* (Y. Tarariko, Ed.). Kyiv: DIA.
4. Tarariko, Y. O. (Ed.). (2013). *Methodology of bioenergetic evaluation of farming systems*. Kyiv: Agrarian Science.
5. Tarariko, Y. O. (2002). Humus status of sod-podzolic soil and ecological-energy efficiency of organic and mineral fertilizers in Polissia. *Bulletin of Agricultural Science*, 7, 5–10.
6. Tarariko, Y. O. (2010). Recommendations for the formation of bioenergetic agroecosystems. Scientific and technological support of agricultural production (Left-Bank Forest-Steppe). Kyiv: DIA.
7. Tarariko, Y. (Ed.). (2008). Formation of energy-generating bio-organic agroecosystems. *Scientific and technological support of agricultural production*. Kyiv: DIA.
8. Hrynyk, I. V., & Yehorov, O. V. (2006). Productivity and energy efficiency of short-rotation crop rotations under different levels of intensification. *Bulletin of Agricultural Science*, 8, 24–26.
9. Kudria, S. I., & Kaziuta, A. O. (2012). Energy efficiency of sugar beet cultivation in short-rotation crop rotations. *Bulletin of Kharkiv National Agrarian University. Soil Science, Agrochemistry, Crop Production, Forestry, Soil Ecology*, 3, 136–139.
10. Korchemnyi, M., Fedoreiko, V., & Shcherban, V. (2001). Energy saving in the agro-industrial complex: A monograph. Ternopil: Pidruchnyky & Posibnyky.
11. Tarariko, Y. O., Nesmashna, O. Y., & Hlushchenko, L. D. (2001). Energy assessment of farming systems and technologies of crop cultivation: Methodical recommendations. Kyiv: Nora-Print.
12. Ivanina, R. V. (2019). Energy efficiency of agricultural crop cultivation in grain crop rotation links. *Tavrian Scientific Bulletin*, 110 (1), 82–87. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2019.110-1.11>
13. Bulyhin, S. Y., Vitvitskyi, S. V., Tonkha, O. L., & Tkachenko, M. A. (2024). Energy efficiency of crop cultivation under different fertilization systems of gray forest soil. *Bulletin of Agricultural Science*, 102 (5[854]), 5–14. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202405-01>.
14. Kryvenko, A. I. (2019). Energy efficiency of winter wheat cultivation technologies in crop rotations of the southern steppe of Ukraine. *Bioresources and Nature Management*, 11 (1–2), 115–127. <https://doi.org/10.31548/bio2019.01.013>.
15. Gangur, V. V., & Kosminskyi, O. O. (2024). Bioenergetic assessment of the efficiency of different levels of mineral nutrition in sunflower cultivation technology. *Scientific Progress & Innovations*, 27(1), 13–18. <https://doi.org/10.31210/spi2024.27.01.02>.

16. Bondar, S. O. (2017). Energy efficiency of crop rotation linkages in different crop rotations. *Innovative Agrotechnologies*, 5, 12–26. <https://doi.org/10.21498/na.5.2017.122233>.
17. Boiko, P. I., Kovalenko, N. P., Gangur, V. V., & Koretskyi, O. Y. (2010). Energy principles of efficient resource use in agriculture. *Bulletin of the Poltava State Agrarian Academy*, 3, 14–18. Retrieved from <https://www.pdaa.edu.ua>.
18. Smaglii, O. F., Malynovskyi, A. S., & Kardashov, A. T. (2004). Energy assessment of agroecosystems: A textbook. Zhytomyr: Volyn.
19. Tarariko, Y. O., Nesmashna, O. Y., Berdnikov, O. M., et al. (2005). Bioenergetic assessment of agricultural production (scientific and methodological support). Kyiv: Agrarian Science.
20. Rozhkov, A. O., Puzik, V. K., Kalenska, S. M., et al. (2016). Experimental work in agronomy: In two books. Book 1. *Theoretical aspects of experimental research* (A. O. Rozhkov, Ed.). Kharkiv: Maidan. Retrieved from <https://repo.btu.kharkov.ua/handle/123456789/33532>.
21. Yeshchenko, V. O., et al. (2014). Fundamentals of scientific research in agronomy. Vinnytsia: Edelweis i K.
22. Didora, V. H., Smaglii, O. F., Ermantraut, E. R., et al. (2013). Methods of scientific research in agronomy: A textbook. Kyiv: Center for Educational Literature.
23. Bezuhlyi, M. D., Lobas, S. V., Shmakov, M. V., et al. (2001). System of agricultural management in Kharkiv region (scientific support of the «Comprehensive program for the development of agriculture in Kharkiv region for 2001–2005 and for the period until 2010»). Kharkiv.
24. Voitov, I. M., et al. (2006). Modern resource-saving soil-protective technologies for growing grain crops in farms of Kharkiv region for 2006–2010: Recommendations. Kharkiv.
25. Pyrkin, V. I. (2009). Sugar-beet industry under crisis conditions. *Sugar Beets*, 3, 4–6.

S. I. Kudria, Doctor of Agricultural Sciences, professor

N. A. Kudria, candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor
State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine

Energy efficiency of short-rotation crop rotations with a legume componen

Formulation of the problem. The functioning of any ecosystem is based on the use of energy. Analysis of natural processes from an energy point of view allows for a generalized explanation of their course. Therefore, the system-energy approach can be considered as a method of studying complex systems through the assessment of their energy state. **Purpose.** To assess the energy feasibility of developing organic agroecosystems of various specializations in relation to the bioproductivity potential of chernozem of the typical Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine. **Methods.** To achieve the goal, general

scientific and special methods typical of agricultural research were used. The object of the study was crop rotation. Technological approaches had an ecological focus, which involved a complete rejection of synthetic components. **Results.** An analysis of the energy efficiency of short-rotation field crop rotations is presented, based on the results of studies of their productivity in the conditions of the Left Bank Forest-Steppe. Calculations of the energy efficiency of crop rotations with sugar beets showed that legumes used as predecessors of winter wheat in short-rotation crop rotations with an organic fertilizer system provide an energy efficiency coefficient ranging from 1.23 in the case of lentils to 1.38 for crop rotations with peas and soybeans. In crop rotations with rye and vetch-oat mixture, the value of this coefficient was 1.31. Low ratios of the ratio between the energy intensity of the crop and energy costs were observed in the variants with corn for silage – 1.01, and in crop rotations with pure steam – 1.20, which indicates a lower efficiency of using energy resources in these cases. As for the energy efficiency of crop rotations in which buckwheat was sown in the third year of the rotation, in them the energy costs for the production of crop products decreased on average by 15–34% across crop rotations, but at the same time the energy intensity of the crop decreased even more intensively – by 24–38%, the indicator of which was influenced by the productivity of buckwheat. As a result, almost all crop rotations demonstrated a decrease in the energy efficiency coefficient by 0.06–0.25 units. **Conclusions.** The highest energy efficiency was provided by crop rotations where peas, soybeans and beans were used as predecessors of winter wheat. This is confirmed by both the high energy intensity of the crop and the energy efficiency coefficient values.

Key words: experiment, energy, efficiency, productivity, crop rotation

УДК 633.17:631:52.664.016-021.465

DOI 10.5281/zenodo.18538556

Л.І. Сторожик, професор

Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків, Київ, Україна

А.М. Свиридов, доцент

Л.А. Свиридова, доцент

М.Г. Цехмейструк, ст. наук. співробітник

Державний біотехнологічний університет, Харків, Україна

ВПЛИВ ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ НА ВРОЖАЙНІСТЬ І ОСНОВНІ НУТРИЄНТИ ЗЕРНА ГІБРИДІВ СОРГО ЗЕРНОВОГО ІНОЗЕМНОЇ СЕЛЕКЦІЇ ТА ПРОДУКТІВ ЙОГО ПЕРЕРОБКИ

У статті висвітлено результати трирічних досліджень щодо комплексного впливу попередників на врожайність зерна нових гібридів сорго зернового Milo W та Brigga. Наведено порівняльну оцінку вмісту основних нутрієнтів у зерні, крупі та борошні досліджуваних гібридів.

Для максимального розкриття потенціалу будь-якого гібрида сорго слід вивчати доцільність його вирощування після різних попередників з використанням рекомендованих технологій у відповідній агрокліматичній зоні. У гібрида Brigga кількість білків була значно меншою і становила від 8,70 г після соняшнику до 9,81

г після пшениці озимої. Стосовно кількості жирів у зерні сорго спостерігали ту ж саму закономірність, а найбільшу кількість жирів у гібрида Brigga відзначено за попередника пшениця озима. Гірші попередники, такі як сорго на зерно та соняшник, зменшували кількість жирів до 2,06 і 3,14 г, а за кращого попередника кількість жирів становила відповідно для гібридів Brigga та Milo W 2,64 і 3,64 г. За різних попередників гібрид Milo W мав значно більшу кількість білків та жирів у зерні, ніж гібрид Brigga. Кількість харчових волокон у гібрида Milo W в середньому досягала 6,39 мг, Brigga – 4,64 мг. Найвищі показники цих нутрієнтів відзначено при вирощуванні сорго за попередника пшениця озима. За інших попередників відмічено тенденцію до зниження вмісту білків, жирів та вуглеводів. У зерні сорго вітаміну В2 було суттєво менше, ніж вітаміну В1. Зокрема, у зерні гібрида Milo W рибофлавін був у кількості 0,15 мг/100 г, а в гібрида Brigga – 0,13 мг/100 г, у крупі та борошні кількість вітаміну В2 в обох гібридів знизилася майже вдвічі. В умовах Східного Лісостепу України гібрид Brigga мав вищу врожайність, ніж гібрид Milo W. У середньому вона становила: для гібрида Brigga – 7,01 т/га і для гібрида Milo W – 6,16 т/га. За роки досліджень за вмістом білків, жирів та вуглеводів серед досліджуваних гібридів переважав американський – Milo W. Серед вітамінів групи В в зерні було найбільше вітамінів В1, В3 та В6. Серед досліджуваних гібридів вищий вміст цих вітамінів мав американський гібрид Milo W – 0,36, 0,56 та 0,34 мг/100 г відповідно. Тенденція до зменшення вмісту вітамінів групи В в крупі та борошні збереглася в обох гібридів.

За результатами досліджень також встановлено, що вміст вітаміну РР мав найвищі показники в зерні гібрида американської селекції Milo W – 6,04 мг, а в гібрида французької селекції Brigga – 4,97 мг. У крупі та борошні вміст нутрієнту знижувався в обох гібридів відповідно на 0,5 і 3 % у крупі та на 3 і 4,7 % у борошні. Зерно гібрида Milo W мало вміст вітаміну Е в кількості 0,52 мг/100 г, менший вміст цього вітаміну виявлено в зерні гібрида Brigga – 0,48 мг/100 г. У результаті переробки зерна на крупу та борошно кількість зазначеного нутрієнту зменшилася в обох гібридів.

Ключові слова: сорго, урожайність, попередники, нутрієнти, зерно, крупа, борошно.

Постановка проблеми. В умовах глобального потепління клімату, що проявляється в збільшенні річної температури повітря в Лівобережному Лісостепу України за останні 30 років на 1,8 0 С, та щорічних бездощових періодів протягом двох-трьох місяців дедалі більшу увагу приділяють такій культурі, як сорго зернове. Рослинництво на сьогодні переходить на новий якісний і економічний рівень продуктивності, рентабельності й екологічної безпеки в обсягах виробництва сільськогосподарської продукції. Сорго (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) – це зерно, багате і на крохмаль, і на інші цінні поживні речовини; це п'ята найбільш розповсюджена у світі зернова культура [1]. Культура сорго має оптимальні агротехнічні характеристики, стійка до шкідників та хвороб, проявляє пластичність до агрокліматичних умов і сівби, вирощується в посушливих районах, розширюючи таким чином географічний ареал [2–3]. До визначальних критеріїв одержання високих урожаїв сорго зернового належить дотримання та своєчасне виконання

технологічних заходів, одним з яких є розміщення його по кращих попередниках, а також добір гібридів з високим генетичним потенціалом врожайності й підвищеною адаптивністю до несприятливих абіотичних факторів зони вирощування. Зерно сорго здебільшого використовують на корм тваринам завдяки його високій перетравності, а його потенціал як інгредієнта раціону людини вивчено не повністю. Хоча сьогодні більше, ніж будь-коли, споживачі потребують продуктів, які забезпечують оптимальну користь для здоров'я.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У сучасних умовах зростання попиту на зерно вимагає використання нових сучасних гібридів з високим і різним складом нутрієнтів, а також розробки нових харчових форм його використання. З літературних джерел відомо, що якість круп'яного продукту залежить від характеристик зерна, які можуть значно змінюватися залежно від генотипу сорту й агрокліматичних умов вирощування культури [3–4]. Вочевидь, вища якість зерна сприятиме отриманню крупи та борошна з вищою харчовою цінністю. Отже, у науковій літературі значну увагу приділено біохімічним властивостям зерна сорго зернового, проте достатньо вивчено показники крупи та борошна [5–7].

Упровадження у виробництво нових сортів і гібридів сорго зернового вимагає проведення більш широких детальних досліджень. Погіршення екологічного стану довкілля спричинило збільшення числа випадків захворювань людей, що пов'язані з порушенням обміну речовин та виникненням алергій на компоненти харчових продуктів, що спричинено також нераціональним харчуванням. Ринок продуктів, які не містять глютену, пожвавився через занепокоєння споживачів щодо сучасної хвороби – целиакії [8]. При цьому захворюванні порушується засвоєння білка злакових тонким кишківником. За даними ВООЗ, на целиакію страждає близько 1% населення земної кулі. Такі хворі зареєстровані і в Україні. Раціон харчування цих хворих дуже обмежений. Традиційні хлібобулочні вироби їм протипоказані, оскільки білки таких виробів містять гліадин, а саме він спричиняє виникнення алергічних реакцій у хворих на целиакію [8–9].

Єдиним способом лікування цього захворювання та профілактики всіх його важких ускладнень є суворе і постійне дотримання безглютенової дієти [10–11]. Це дає змогу оцінити «нові» зернові сільськогосподарські культури, зерно яких у своєму складі не має глютену, та розглянути альтернативні їх інгредієнти як новий напрям використання сорго [12–13].

Сорго має великий потенціал для безглютенового ринку як здоровий альтернативний харчовий продукт. Зерно сорго багате на фітохімічні речовини, такі як фенольні кислоти й конденсовані дубильні

речовини, які, як відомо, мають антиоксидантну й антирадикальну дію та позитивно впливають на організм [14–16].

Зерно сорго можна перемолоти на крупу та борошно, яке може бути використано як основний безглютеновий інгредієнт хлібобулочних виробів. Безпечна безглютенова харчова продукція повинна мати не більше 20 мг глютену на 1 кг готового виробу, а тому вся сировина та інгредієнти не повинні містити глютену. Борошно із зерна сорго не містить білків гліадинової фракції, що утворюють клейковину. Таке борошно дозволено використовувати для виготовлення безглютенової продукції для хворих на целиацію [17].

Соргове борошно порівняно з пшеничним містить в 1,5 рази більшу кількість білків, здатних зменшувати рівень холестерину в крові та нормалізувати роботу шлунку, жирів, що містяться у своєму складі 83–88 % ненасичених жирних кислот, у тому числі лінолеву – 38–42 мг і ліноленову – 3–4 мг/100 г, та є важливим джерелом профілактики атеросклерозу, хвороб серця та судин. Це борошно також багате на марганець – 24,8 мг/кг, мідь – ,94 і молібден – 0,6 мг/кг, фенольні та дубильні речовини, які мають протиракові та кардіозахисні властивості [17–18].

Досягнення в галузі нутрігеноміки і нутрігенетики сприятимуть збільшенню обсягів ринку безглютенових продуктів харчування. Хлібобулочні, кулінарні й кондитерські борошняні вироби, які не містять глютену, є одним з нових сегментів цього ринку. Загалом хімічний склад зерна сорго залежить від ряду чинників – біологічних особливостей сортів і гібридів, технології вирощування, а також агрокліматичних умов [17].

Біохімічні властивості зерна визначаються його хімічним складом, розподілом хімічних речовин з анатомічних частин зерна. Дослідження біохімічних перетворень, які відбуваються в зерні під час його проростання, дозрівання, зберігання та переробки, дозволяє шляхом регулювання зовнішніх умов підвищити технологічні переваги та харчову цінність зерна. Зерно, як і будь-який живий організм, чуйно реагує на зовнішнє середовище, тож впливати на зерно потрібно з урахуванням його фізіології. Тому в цьому аспекті важливо знати, що різні гібриди сорго зернового мають дуже різноманітні характеристики, що визначаються складом нутрієнтів і харчовою цінністю. Для різнобічного використання зерна сорго необхідно чітко знати всі його властивості, а також кількісну хімічну складову різних його елементів: білків, жирів, вуглеводів, харчових волокон, вітамінів та макро- і мікроелементів, особливо після переробки на крупу та борошно.

Метою дослідження було визначення впливу попередників та різних гібридів сорго іноземної селекції на врожайність і кількісний

склад нутрієнтів зерна сорго, цільозернової крупи та борошна як безглютенових продуктів.

Матеріали та методика досліджень. У дослідженнях використовували зерно гібридів сорго зернового, внесених до Державного реєстру сортів рослин України, придатних для поширення в Україні. Представлено ранньостиглі і середньостиглі гібриди сорго зернового.

Досліджувані гібриди низькорослі, а отже вологи для їхнього повноцінного розвитку потрібно набагато менше. У дослідженнях було задіяно гібрид французької селекції Brigga та гібрид американської селекції Milo W, які мають низку важливих особливостей: посухо- і холодостійкість, високу адаптивність і генетичну стійкість до окремих видів попелиці, стійкість до вилягання й осипання.

Для максимального розкриття потенціалу будь-якого гібрида сорго слід вивчати доцільність його вирощування за різних попередників з використанням рекомендованих технологій у відповідній агрокліматичній зоні.

Зерно досліджуваних гібридів вирощували протягом 2019–2021 рр. у Східному Лісостепу в ТОВ «СД-Агро» Ізюмського району Харківської області, клімат – помірно континентальний. Ґрунт дослідів – чорнозем типовий з глибоким гумусовим профілем, містить 5,0–6,0 % гумусу, має добрі фізичні властивості, підвищений вміст рухомих форм NPK і в цілому високу біологічну активність.

Вегетаційні періоди 2019 і 2020 рр. можна охарактеризувати як посушливі, а 2021 р. – достатньо зволожений. Сума опадів по місяцях варіювала в значному діапазоні. Досить часто дефіцит вологи супроводжувався підвищеними температурами повітря, що мало значний вплив на розвиток рослин сорго зернового та зменшувало їхню продуктивність.

Агротехніка вирощування культури відповідала технології, прийнятій для зони Лісостепу. Висівали сорго зернове у II декаді травня (температура ґрунту – 13–15 °C) сівалкою трактора СЗ-3,6 з міжряддями 70 см. Нормависіву насіння – 6–8 кг/га. Досліди закладали методом систематичних повторювань: у кожному повторенні варіанти розмішували по ділянках послідовно [19; 21]. Площа посівної ділянки – 50 м², облікової – 25 м². Повторність дослідів – чотириразова.

Лабораторні дослідження проводили в Інституті біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН. Зерно сорго переробляли на цільозернову крупу та борошно й визначали основний склад нутрієнтів. Масову частку білкових речовин визначали за методом К'ельдаля, вміст жиру – методом Сокслета, вміст крохмалю – методом Еверса, вміст цукрів – йодометричним методом [18, 22–23].

Біохімічну складову зерна (крохмаль, білок, харчові волокна, жир, зола, глюкоза) визначали методом інфрачервоної спектроскопії, використовуючи Infratek 1241, за ДСТУ 4117: 2007,. Вміст вітамінів та амінокислот –методом рідинної хроматографії на аналізаторі Хромос-301.

Виклад основного матеріалу досліджень Дослідженнями вітчизняних (С. М. Каленська, 2019; В. В. Любич та ін., 2021; Л. І. Сторожик та ін., 2020) та зарубіжних (L. Dykes et al, 2005; M. S. M. Elhassan et al, 2015; P. Pontieri et al, 2022) учених виявлено, що вміст біохімічних речовин зерна може змінюватися залежно від технології вирощування та біологічних особливостей гібрида [1–3;17;24].

Придатність сорго та вектор його використання (харчовий та біоенергетичний) зумовлюється основними показниками якості зерна. Загалом зернові культури є основою виробництва харчових продуктів оздоровчого призначення. Крупа із зерна сорго звичайного (двокольорового) може забезпечувати людину майже всіма харчовими речовинами: білками й амінокислотами, жирами та жирними кислотами, вуглеводами, вітамінами, мінеральними солями, мікроелементами і може використовуватися як важливе джерело харчування [17; 24]. Тому крупи зернових культур та борошно є важливими харчовими і найбільш доступними продуктами для населення України.

Отримані нами дані врожайності наведено в табл. 1. Зокрема, середня врожайність культури в досліді становила 5,23 т/га і залежала від попередника та досліджуваного гібрида. Вищий рівень урожайності за всіх попередників забезпечив гібрид Brigga: 7,01 т/га – після пшениці озимої; 5,21 т/га – після сорго зернового та 4,30 т/га – після соняшнику.

У наших дослідженнях в усі роки кращим попередником була пшениця озима, яка забезпечила вищу врожайність гібрида Brigga –7,01 т/га, а в гібрида Milo W – 6,16 т/га.

1. Урожайність зерна гібридів сорго за впливу попередників, т/га

Попередник (А)	Гібрид (В)	Урожайність			
		2019	2020	2021	середнє
Пшениця озима	Milo W	6,34	6,86	5,27	6,16
	Brigga	7,05	7,81	6,18	7,01
Сорго зернове	Milo W	4,75	5,02	4,43	4,73
	Brigga	4,92	5,44	5,27	5,21
Соняшник	Milo W	4,00	4,52	3,70	4,07
	Brigga	4,33	5,19	3,38	4,30
Середнє		5,81	4,71	5,25	5,23
НІР 05		0,34	0,28	0,23	
НІР 05 А		0,47	0,51	0,36	
НІР 05 В		0,15	0,31	0,19	

Одним з важливих нутрієнтів зерна є білки, які, на відміну від жирів і вуглеводів, не можна замінювати іншими харчовими елементами. Результатами досліджень встановлено, що зерно сорго гібрида Milo W має вищі значення цього показника, що становить залежно від попередників від 10,92 г після соняшнику до 12,37 г після пшениці озимої (табл. 2)

У гібрида французької селекції Brigga кількість білків була значно меншою і становила від 8,70 г після соняшнику до 9,81 г після пшениці озимої. Стосовно кількості жирів у зерні сорго спостерігали таку ж саму закономірність, найбільшу кількість жирів у гібрида Brigga відзначено за попередника пшениця озима. Гірші попередники, такі як сорго на зерно та соняшник, зменшували їх кількість до 2,06 і 3,14 г, а за кращого попередника кількість жирів дорівнювала 2,64 і 3,64 г. За різних попередників гібрид Milo W містив значно більшу кількість білків та жирів у зерні, ніж гібрид Brigga.

2. Вміст основних нутрієнтів у зерні, крупі та борошні в гібридах сорго зернового за впливу попередників, середнє за 2019–2021 рр.

Попередник	Гібрид	Білки г	Жири г	Вуглеводи мг/100 г	Крохмаль мг/100 г	Харчові волокна мг/100г
Зерно						
Пшениця озима	Milo W	12,37	3,64	76,8	75,4	6,58
	Brigga	9,81	2,64	74,5	65,2	7,56
Сорго зернове	Milo W	11,06	3,15	74,9	74,6	6,33
	Brigga	8,68	2,08	70,7	64,3	7,26
Соняшник	Milo W	10,92	3,14	75,0	72,4	6,30
	Brigga	8,70	2,06	69,8	64,0	7,25
Крупа						
Пшениця озима	Milo W	8,06	3,38	73,7	75,1	6,17
	Brigga	8,45	2,13	71,9	64,8	7,04
Сорго зернове	Milo W	7,63	3,06	72,8	71,5	6,11
	Brigga	7,82	2,01	70,6	70,2	6,95
Соняшник	Milo W	7,60	3,05	71,4	70,9	6,12
	Brigga	7,81	1,94	70,7	70,3	6,89
Борошно						
Пшениця озима	Milo W	10,16	3,12	75,1	67,5	6,39
	Brigga	9,11	2,08	73,4	63,8	4,67
Сорго зернове	Milo W	10,0	3,08	74,3	67,1	6,41
	Brigga	8,97	2,05	72,0	62,7	6,51
Соняшник	Milo W	9,83	3,01	74,2	67,0	6,13
	Brigga	8,95	1,96	66,5	62,5	5,50

Придатність зерна сорго для визначення подальшої технологічної переробки оцінюють за вмістом вуглеводів (крохмалю). За високого

вмісту крохмалю сорго переробляють на біоетанол. Завдяки високому вмісту вуглеводів у зерні сорго харчового людський організм забезпечується енергією, ці нутрієнти розщеплюються до глюкози та слугують «їжею» для клітин головного мозку, забезпечуючи повноцінну роботу нервової системи. Слід зазначити, що їх частка в зерні становила в середньому 75,57 г/100 г у гібрида Milo W та 71,67 г/100 г у гібрида Brigga. Необхідно визнати, що попередники сорго значно менше впливали на кількість вуглеводів і крохмалю. Відзначено тільки тенденцію до зниження цих показників за повторного розміщення сорго після сорго та після соняшнику. Таким чином, за харчовою цінністю – вищим умістом білків, жирів та вуглеводів – серед досліджуваних гібридів виділено американський гібрид Milo W.

Цінні харчові волокна, необхідні для нормальної моторики кишківника і підтримки мікрофлори, були наявні в зерні сорго в кількості 6,30–6,58 мг/100 г у гібрида Milo W та 7,25–7,56 мг/100 г у гібрида Brigga. Таким чином, вищий вміст харчових волокон за всіх попередників було встановлено в гібрида Brigga.

Обрушування зерна – основна технологічна операція, за якої ідділяються його оболонки, які містять хімічні елементи, що в подальшому відсіюються. У результаті такого процесу вміст нутрієнтів у крупі порівняно із зерном змінився. Зокрема, уміст білків, жирів і вуглеводів у крупі обох гібридів Brigga і Milo W знизився відповідно на 1,33 і 4,31 г; 0,26 і 0,51 г; 2,6 і 3,1 мг.

Необхідно зазначити, що вміст крохмалю зазнав несуттєвих змін. осліджувані попередники під сорго на зерно несуттєво зменшують кількість білків та жирів у крупі сорго та спричиняють тенденцію до зменшення кількості харчових волокон.

Дослідженнями Л. М. Пузік та В. К. Пузіка (2013), В. В. Любич та інших (2021), С.О. Третьякової та інших (2021) встановлено, що борошно, виготовлене із зерна сорго, має більшу кількісну складову зазначених нутрієнтів, порівняно з крупою, та меншу, порівняно із зерном [20; 7]. Це можна пояснити тим, що на борошно перемелюється як ендосперм зерна, так і його оболонки та зародок. Неоднорідна міцність структури зернини навіть у межах ендосперму дає змогу за правильно поставленого процесу подрібнення і сортування частинок виробляти борошно з різних частин ендосперму (внутрішньої і периферійної), яке відрізняється за своїм хімічним складом, властивостями і поживністю у зв'язку з нерівномірним розподілом речовин у зернині. Проведений аналіз засвідчив, що кількість білків, жирів і вуглеводів (у тому числі і крохмалю) у борошні, яке змелене із зерна гібрида Milo W, становила 10,16 г, 3,12 г та 75,1 мг/100 г відповідно. Борошно, змелене із зерна гібрида Brigga, мало нижчі

зазначені показники. Зокрема, кількість жирів становила в середньому 20,8 г, білків—9,11 г, вуглеводів – 75,1 мг/100 г.

Кількість харчових волокон у гібрида Milo W досягла в середньому 6,39 мг, у гібрида Brigga – 4,64 мг. Найвищі показники цих нутрієнтів спостерігалися при вирощуванні сорго за попередника пшениця озима. За інших попередників відзначено тенденцію до зниження вмісту білків, жирів та вуглеводів.

Такі нутрієнти, як вітаміни, беруть важливу участь в обміні речовин живих організмів. Нестача, а також надлишок вітамінів призводять до виникнення серйозних захворювань. У зерні сорго містяться як водорозчинні вітаміни, так і жиророзчинні. До водорозчинних вітамінів зерна належать: тіамін (B1), рибофлавін (B2), ніацин (B3), піридоксин (B6), біотин (H), аскорбінова кислота (C), пантотенова кислота (B12), міоїнозит. Найбільше вітамінів B1 і B3 міститься у висівках, у борошні вищого ґатунку їх зовсім мало. За результатами досліджень, вміст тіаміну, який впливає на функції головного мозку і вищу нервову діяльність, захищає організм від старіння та є антиоксидантом, був вищим у зерні гібрида сорго американської селекції Milo W – 0,36 мг/100 г, а у французького гібрида Brigga – 0,31 мг/100 г, у крупі його вміст знизився в обох гібридів на 0,08 і 0,07 мг, а в борошні – ще на 0,04 мг/100 г, порівняно з крупою (табл. 3).

3. Вміст вітамінів групи В в зерні сорго зернового та продуктах його переробки, середнє за 2019-2021 рр.

Попередник	Гібрид	Вітаміни групи В, мг/100 г				
		В 1	В 2	В 3	В 5	В 6
Зерно						
Пшениця озима	Milo W	0,36	0,15	0,56	0,55	0,34
	Brigga	0,31	0,13	0,44	0,52	0,31
Сорго зернове	Milo W	0,32	0,14	0,47	0,54	0,33
	Brigga	0,28	0,13	0,42	0,50	0,30
Соняшник	Milo W	0,33	0,13	0,47	0,51	0,31
	Brigga	0,27	0,11	0,40	0,48	0,28
Крупа						
Пшениця озима	Milo W	0.28	0.08	0.34	0,51	0,35
	Brigga	0.24	0,07	0,23	0,49	0,31
Сорго зернове	Milo W	0,25	0,06	0,32	0,50	0,32
	Brigga	0,22	0.06	0,21	0,47	0,30
Соняшник	Milo W	0,26	0,05	0,30	0,46	0,30
	Brigga	0,20	0,04	0,22	0,44	0,28
Борошно						
Пшениця озима	Milo W	0,24	0,07	0,30	0,34	0,24
	Brigga	0,20	0,06	0,19	0,31	0,20
Сорго зернове	Milo W	0.22	0,06	0,28	0,33	0,22
	Brigga	0,19	0,05	0,17	0,30	0,20
Соняшник	Milo W	0,21	0,05	0,26	0,27	0,18
	Brigga	0,17	0,04	0,16	0,26	0,17

Вітаміну В2 у зерні сорго було суттєво менше, ніж вітаміну В1. Так, у зерні гібрида Milo W рибофлавін був у кількості 0,15 мг/100 г, а в гібрида Brigga – 0,13 мг/100 г, у крупі та борошні кількість вітаміну В2 в обох гібридів знизилася майже вдвічі.

Найвищий вміст вітаміну В3, який забезпечує енергетичний метаболізм, відзначено у гібрида Milo W, де кількість його становила 0,56 мг/100 г, а в гібрида Brigga – 0,44 мг/100 г. Переробка крупи на борошно кількість вітаміну В3 знижує в середньому на 11,8 і 17,4 % відповідно в обох досліджуваних гібридів.

Кількість вітаміну В5 (пантотенова кислота), що бере участь в обмінних процесах та синтезі гормонів, у зерні досліджуваних гібридів була майже на одному рівні і становила в середньому 0,52 і 0,55 мг/100 г. При переробці зерна на крупу вміст вітаміну В5 несуттєво знижувався, а в борошні його вміст знизився в гібрида Milo W – на 33,3%, а в гібрида Brigga – на 36,7 %. Вітамін В6, який відповідає за нервову та імунну систему і бере участь в утворенні еритроцитів, необхідний для білкового та жирового обміну в живому організмі, мав аналогічний вміст у зерні (0,31 і 0,34 мг), крупі (0,31 і 0,35 мг) та борошні (0,20 і 0,24 мг/100 г). Попередники майже не впливали на кількість цих вітамінів у зерні та крупі і не змінювали кількість вітамінів групи В в борошні.

Вміст аскорбінової кислоти вітамінів РР та Е наведені в табл 4.

4. Вміст вітамінів у зерні сорго зернового та продуктах його переробки за впливу попередників, середнє за 2019–2021 рр.

Попередник	Гібриди	Вітаміни мг/100 г		
		РР	С	Е
Зерно				
Пшениця озима	Milo W	6,04	0,52	0,85
	Brigga	4.97	0,48	0,53
Сорго зернове	Milo W	5,61	0,40	0,74
	Brigga	4.48	0,37	0,46
Соняшник	Milo W	5,62	0,38	0,71
	Brigga	4.50	0,36	0,45
Крупа				
Пшениця озима	Milo W	6.01	0,44	0,58
	Brigga	4,84	0,41	0,40
Сорго зернове	Milo W	5.77	0,38	0,39
	Brigga	4,63	0,37	0,31
Соняшник	Milo W	5.60	0,36	0,40
	Brigga	4,55	0,34	0,33
Борошно				
Пшениця озима	Milo W	5,87	0,39	0,56
	Brigga	4,74	0,35	0,34
Сорго зернове	Milo W	5,45	0,32	9,51
	Brigga	4,48	0,30	0,32
Соняшник	Milo W	5,48	0,33	0,48
	Brigga	4.46	0.29	0.30

Аскорбінова кислота утворюється в зерні з моменту проростання. Вітамін С, який міститься в зерні і продуктах його переробки, був в обох гібридів відповідно в кількості 0,52 і 0,48 мг/100 г – у зерні, 0,44 і 0,41 г – у крупі та 0,39 і 0,35 мг/100 г – у борошні за попередника пшениця озима. Нижчі значення цього показника в обох гібридів відзначено при вирощуванні сорго за попередника соняшник

Зерно та продукти його переробки також містять вітамін РР, який покращує обмінні процеси, розщеплює жири і стимулює вироблення жирних кислот, амінокислот, стероїдних гормонів та вітамінів А і Д. Вітамін РР (нікотинова кислота) регулює діяльність вищої нервової системи, захищає серцево-судинну систему, запобігає розвитку тромбозів і гіпертонічної хвороби та сприяє процесам детоксикації організму. За результатами досліджень встановлено, що зазначений елемент має найвищі показники в зерні гібрида американської селекції Milo W – 6,04 мг, а в гібрида французької селекції Brigga – 4,97 мг. У крупі та борошні вміст зазначеного нутрієнту знижувався в обох гібридів: на 0,5 і 3 % – у крупі та на 3 і 4,7 % – у борошні.

Наявність жиророзчинного вітаміну Е виявлено в зерні гібрида Milo W

в кількості 0,85 мг/100 г, гібрида Brigga – 0,53 мг/100 г. У результаті переробки зерна на крупу та борошно кількість зазначеного вітаміну знизилася в середньому в гібрида Milo W відповідно на 34,1 і 35,8 %, а в гібрида Brigga спостерігаємо незначне зниження вмісту вітаміну Е.

Найвищі показники вітаміну РР в зерні, крупі та борошні спостерігали за попередника пшениця озима. Суттєве зниження цього показника відбувається і в зерні, і в продуктах його переробки за попередника соняшник.

Висновки та пропозиції. Проведені трирічні дослідження свідчать, що в умовах Східного Лісостепу України французький гібрид Brigga мав вищу врожайність, ніж гібрид американської селекції Milo W. У середньому врожайність становила: для гібрида Brigga – 7,01 т/га і для гібрида Milo W – 6,16 т/га. За роки досліджень за вмістом білків, жирів та вуглеводів серед досліджуваних гібридів переважав американський – Milo W. Серед вітамінів групи В в зерні найбільше виявлено вітамінів В1, В3 та В6. Вищий вміст цих вітамінів мав американський гібрид Milo W – 0,36, 0,56 та 0,34 мг/100 г відповідно. Тенденція до зменшення вмісту вітамінів групи В у крупі та борошні збереглася в обох гібридів.

За результатами досліджень встановлено, що вміст вітаміну РР має найвищі показники в зерні гібрида американської селекції Milo W – 6,04 мг, а

в гібрида французької селекції Brigga – 4,97 мг. У крупі та борошні вміст зазначеного нутрієнту знижувався в обох гібридів: на 0,5 і 3 % – у крупі

та на 3 і 4,7 % – у борошні. Вміст вітаміну Е в зерні гібрида Milo W становив 0,52 мг/100 г, менший вміст цього вітаміну виявлено в зерні гібрида Brigga – 0,48 мг/100 г. У результаті переробки зерна на крупу та борошно кількість зазначеного нутрієнту зменшилася в обох гібридів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Elhassan M. S. M., Emmambux M. N., Hays D. B., Peterson G. C., Taylor J. R. N. Novel biofortified sorghum lines with combined waxy (high amylopectin) starch and high protein digestibility traits: Effects on endosperm and flour properties. *Journal of Cereal Science*. 2015. Vol. 65. P. 132–139. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2015.06.017>
2. Zavhorodnia S., Losieva A., Storozhyk L. Evaluation of Biometric Indicators of Sorghum Using Cluster Analysis. *Norwegian Journal of development of the International Science*. Vol. 1. № 72. 2021. P. 8–14. <https://doi.org/10.24412/3453-9875-2021-72-1-8-13>
3. Сторожик Л. І., Присяжнюк О. І., Завгородня С. В. Екологічна пластичність сорго зернового. *Новітні агротехнології*. 2019. № 7. URL: <http://jna.bio.gov.ua/article/view/204818>
4. Alvarenga I. C., Ou Z., Thiele S., Alavi S., Aldrich C. G. Effects of milling sorghum into fractions on yield, nutrient composition, and their performance in extrusion of dog food. *Journal of Cereal Science*. 2018. Vol. 82. P. 121–128. DOI:10.1016/j.jcs.2018.05.013
5. Криницька Л. А., Рось В. І. Стан і перспективи світового виробництва сорго (огляд іноземної літератури). *Таврійський науковий вісник*. Херсон: Айлант, 2000. Вип. 15. С. 20–25.
6. Liu L., Herald T. J., Wang D., Wilson J. D., Bean S., Aramouni F. M. Characterization of sorghum grain and evaluation of sorghum flour in a Chinese egg noodle system. *Journal of Cereal Science*. 2012. Vol. 55. P. 31–36. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2011.09.007>
7. Любич В. В., Войтовська В. І., Крижанівський В. Г., Третякова С. О. Формування біохімічної складової борошна із зерна різних гібридів соризу. *Вісник Уманського НУС*. 2021. № 1. С. 66–70.
8. Wieser H., Koehler P. The biochemical basis of celiac disease. *Journal Chemistry*. 2008. Vol. 85: P. 1–13. <https://doi.org/10.1094/CCHEM-85-1-0001>
9. Сердюк Л. В. Зерновые продукты и их роль в питании населения Украины. *Зернові продукти і комбікорми*. 2005. № 4. С. 14–17.
10. Дробот В. І. Інноваційні технології дієтичних та оздоровчих хлібобулочних виробів: монографія. Київ: Кондор-Видавництво, 2016. С. 1–84.
11. Semenova A., Prikhodko Ju. Gluten-free bakery products. 8th Central European Congress on Food 2016 – Food Science for Well-being

(CEFood 2016), 23–26 May 2016 p.: book of Abstracts. Kyiv : NUFT, 2016. 146 p.

12. Mohapatra D., Patel A. S., Kar A., Deshpande S. S., Tripathia M. K. Effect of different processing conditions on proximate composition, antioxidants, antinutrients and ino acid profile of grain sorghum. *Journal Food Chemistry*. 2019. Vol. 271. № 15. P. 129–135. DOI: 10.1016/j.foodchem.2018.07.196

13. Bean S. R., Wilson J. D., Moreau R. A., Galant A., Awika J. M., Kaufman R. C., Adrianos S. L., Ioerger B. P. Structure and composition of the sorghum grain. *Sorghum: A State of the Art and Future Perspectives. Journal of Dairy Science*. 2019. Vol. 58. P. 23–29. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-16759>

14. Smolensky D., Rhodes D., McVey D. S., Fawver Z., Perumal R., Herald T., Noronha L. High-polyphenol sorghum bran extract inhibits cancer cell growth through ROS induction, cell cycle arrest, and apoptosis. *Journal Med. Food*. 2018. Vol. 21. P. 990–998. DOI: 10.1089/jmf.2018.0008

15. Dykes L., Rooney L. W., Waniska R. D., Rooney W. L. Phenolic compounds and antioxidant activity of sorghum grains of varying genotypes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2005. Vol. 53. P. 6813–6818. <https://doi.org/10.1021/jf050419e>

16. Xiong Y., Zhang P., Johnson S., Luo J., Fang Z. Comparison of the phenolic contents, antioxidant activity and volatile compounds of different sorghum varieties during tea processing. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2020. Vol. 100. P. 978–985. DOI:10.1002/jsfa.10090

17. Сторожик Л. І., Войтовська В. І., Завгородня С. В., Третьякова С. О. Хімічна складова насіння сорго зернового (*Sorghum bicolor*) залежно від біологічних особливостей гібридів. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва*. Вип. 96. Ч. 1. Сільськогосподарські та технічні науки. 2020. С. 149–166. DOI: 10.31395/2415-8240-2020-96-1-149-166

18. Грицаєнко З. М. Методи біологічних та агрохімічних досліджень рослин і ґрунтів. Київ: Нічлава, 2003. 316 с.

19. Ермантраут Е. Р., Присяжнюк О. І., Шевченко І. Л. Статистичний аналіз агрономічних дослідних даних у пакеті STATISTICA 6.0. Київ: Поліграф Консалтинг, 2007. 55 с.

20. Пузік Л. М., Пузік В. К. Технологія зберігання і переробки зерна: монографія/ Харківський національний аграрний університет імені В. В. Докучаєва. Харків: ХНАУ, 2013. 312 с.

21. Рожков А. О., Пузік В. К., Каленська С. М., Попов С. І. Дослідна справа в агрономії: навч. посібн. Книга друга. Харків: Майдан, 2016. 342 с.

22. Рожков А. О., Свиридова Л. А. Вплив норм висіву, способів сівби та погодних умов вегетації на врожайність зерна гібридів сорго

зернового. Селекція і насінництво. 2017. Вип. 112. С. 193–204.
URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/selinas_2017_112_22

23. Рожков А. О. Давиденко, С. Ю. Урожайність зерна сорго за різних варіантів застосування стимулятора росту Вегестим у Північному Степу України. Scientific Progress & Innovations 2022. Vol. 1. P. 18–28. <https://doi.org/10.31210/visnyk2022.01.02>

24. Каленська С. М., Найдено В. М. Якісний склад зерна сорго залежно від елементів технології вирощування. Таврійський науковий вісник. 2019. Вип. 105. С. 82–89.

REFERENCES

1. Elhassan M. S. M., Emmambux M. N., Hays D. B., Peterson G. C., Taylor J. R. N. Novel biofortified sorghum lines with combined waxy (high amylopectin) starch and high protein digestibility traits: Effects on endosperm and flour properties. Journal of Cereal Science. 2015. Vol. 65. P. 132–139. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2015.06.017>

2. Zavhorodnia S., Losieva A., Storozhyk L. Evaluation of Biometric Indicators of Sorghum Using Cluster Analysis. Norwegian Journal of development of the International Science. Vol. 1. No. 72. 2021. P. 8–14. <https://doi.org/10.24412/3453-9875-2021-72-1-8-13>

3. Storozhyk L. I., Prysiashniuk O. I., Zavgorodnia S. V. Ecological plasticity of grain sorghum. Newest agrotechnologies. 2019. № 7. URL: <http://jna.bio.gov.ua/article/view/204818>.

4. Alvarenga I. C., Ou Z., Thiele S., Alavi S., Aldrich C. G. Effects of milling sorghum into fractions on yield, nutrient composition, and their performance in extrusion of dog food. Journal of Cereal Science. 2018. Vol. 82. 121–128 p. DOI:10.1016/j.jcs.2018.05.013

5. The state and prospects of world sorghum production (review of foreign literature). Tavriyskyi naukovyi vestnik. Kherson: Ailant. 2000. Issue 15. P. 20–25.

6. Liu L, Herald TJ, Wang D, Wilson JD, Bean S, Aramouni FM. Characterization of sorghum grain and evaluation of sorghum flour in a Chinese egg noodle system. Journal of Cereal Science. 2012. Vol. 55. P. 31–36. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2011.09.007>.

7. Lubich V. V., Voitovska V. I., Kryzhanivskyi V.G., Tretyakova S. Formation of the biochemical component of flour from grain of different sorghum hybrids. Bulletin of Uman NUS. 2021. № 1. P. 66–70.

8. Wieser H, Koehler P. The biochemical basis of celiac disease. Journal of Chemistry. 2008. Vol. 85: P. 1-13. <https://doi.org/10.1094/CCHEM-85-1-0001>

9. Serdyuk L.V. Grain products and their role in the nutrition of the population of Ukraine. Grain products and feeds. 2005. № 4. P. 14–17.

10. Innovative technologies of dietary and health bakery products: monograph. K.: Condor Publishing, 2016. P. 1–84.

11. Semenova A., Prihodko Ju. Gluten-free bakery products. 8th Central European Congress on Food 2016 - Food Science for Well-being (CEFood 2016), May 23-26, 2016: Book of Abstracts. Kyiv: NUFT, 2016. 146 p.

12. Mohapatra D, Patel A. S., A Kar, Deshpande S. S., Tripathia M. K. Effect of different processing conditions on proximate composition, antioxidants, antinutrients and ino acid profile of grain sorghum. Journal of Food Chemistry. 2019. Vol. 271. № 15. P. 129–135. DOI: 10.1016/j.foodchem.2018.07.196

13. Bean S. R., Wilson J. D., Moreau RA., Galant A., Awika J. M., Kaufman R. C., Adrianos S. L., Ioerger B. P. Structure and composition of the sorghum grain. Sorghum: A State of the Art and Future Perspectives. Journal of Dairy Science. 2019. Vol. 58. P. 23–29. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-16759>

14. Smolensky D., Rhodes D., McVey D. S., Fawver Z., Perumal R., Herald T., Noronha L. High-polyphenol sorghum bran extract inhibits cancer cell growth through ROS induction, cell cycle arrest, and apoptosis. Journal Med. Food. 2018. Vol. 21. P. 990–998. DOI: 10.1089/jmf.2018.0008

15. Dykes L., Rooney L. W., Waniska R. D., Rooney W. L. Phenolic compounds and antioxidant activity of sorghum grains of varying genotypes. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2005. Vol. 53. P. 6813–6818. <https://doi.org/10.1021/jf050419e>

16. Xiong Y., Zhang P., Johnson S., Luo J., Fang Z. Comparison of the phenolic contents, antioxidant activity and volatile compounds of different sorghum varieties during tea processing. Journal of the Science of Food and Agriculture. 2020. Vol. 100. P. 978–985. DOI:10.1002/jsfa.10090

17. Storozhyk L.I., Voitovska V.I., Zavhorodnia S.V., Tretiakova S.O. Chemical composition of grain sorghum (*Sorghum bicolor*) seeds depending on the biological characteristics of hybrids. Collection of scientific papers of Uman National University of Horticulture. Part 1: Agricultural and technical sciences. 2020. PP. 149-166, DOI: 10.31395/2415-8240-2020-96-1-149-166

18. Hricaenko Z. M. Methods of biological and agrochemical research of plants and soils. 316 c. Kyiv. «Nchlava», 2003. 316 c.

19. Ehrmantraut E. R., Prysiashniuk O. I., Shevchenko I. L. Statistical analysis of agronomic research data in STATISTICA 6.0. Kyiv: Polygraph Consulting, 2007. 55 c.

20. Puzik L. M., Puzik V. K. Technology of grain storage and processing: monograph. Kharkiv National Agrarian University named after V.V. Dokuchaev. Kharkiv: KHNAU, 2013. 312 c.

21. Rozhkov A. O., Puzik V. K., Kalenska S. M., Popov S. I. Experimental work in agronomy: a textbook, book two. Kharkiv: Maidan, 2016. 342 c.

22. Rozhkov A. O., Sviridova L. A. Influence of seeding rates, sowing methods and weather conditions of vegetation on grain yield of grain sorghum hybrids Selection and seed production. 2017. Issue 112. P. 193–204. Access mode: http://nbuv.gov.ua/UJRN/selinas_2017_112_22.

23. Rozhkov A. O., Davydenko S. Y. Grain yield of sorghum under different variants of application of the growth stimulator Vegestim in the Northern Steppe of Ukraine. Scientific Progress & Innovations. 2022. Issue 1. P. 18–28.

24. Kalenska S. M., Naidenko V. M. Qualitative composition of sorghum grain depending on the elements of cultivation technology. Tavrian Scientific Bulletin. 2019. Issue 105. P. 82–89.

L. I. Storozhyk, professor

Institute of bioenergy crops and sugar beet, Kyiv, Ukraine

A. M. Svyrydov, Associate Professor

L. A. Svyrydova, Associate Professor

M. G. Tsekhmeystruk, Researcher

State University of Biotechnology, Kharkiv, Ukraine

Influence of elements of cultivation technology on yield and main nutrients of grain of grain sorghum hybrids of foreign selection and its processed products

The article highlights the results of three years of research on the complex effect of the predecessors and new hybrids of grain sorghum Milo W and Brigga on grain yield and comparative assessment of the content of basic nutrients in grain, cereals and flour.

Statement of the problem. One of the determining criteria for obtaining high yields of grain sorghum is compliance with and timely implementation of technological measures, one of which is its placement on the best predecessors, as well as the selection of hybrids with high genetic yield potential and increased adaptability to adverse abiotic factors of the growing zone.

Sorghum grain is mainly used for animal feed due to its high digestibility, but its potential as an ingredient in the human diet is not yet fully understood. Today, more than ever, consumers are demanding products that provide optimal health benefits.

Materials and methods of the research. The hybrids of the French selection Brigga and the American selection Milo W were used in the research, which have a number of important features such as drought and cold resistance, high adaptability and genetic resistance to certain aphid species, resistance to lodging and shattering.

The grain of the hybrids under study was grown during 2019-2021 in the Eastern Forest-Steppe at SD-Agro LLC, Izyum district, Kharkiv region. The soil of the experiment is typical chernozem with a deep humus profile, contains 5.0-6.0% humus, has good physical properties, an increased content of mobile forms of NPK and, in general, high biological activity.

The growing seasons of 2019 and 2020 can be described as dry, while 2021 was quite wet. The amount of precipitation by month varied significantly. Laboratory studies were carried out at the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet of the National Academy of Agrarian Sciences. Sorghum grain was processed into whole grain cereals and flour and the main composition of nutrients was determined. The mass fraction of protein substances was determined by the Kjeldahl method, fat content by the Soxhlet method, starch content by the Evers method, and sugar content by the iodometric method.

The biochemical composition of the grain (starch, protein, dietary fibre, fat, ash, glucose) was determined by infrared spectroscopy according to DSTU 4117:2007 using Infratek 1241. The content of vitamins and amino acids was determined by liquid chromatography using a Chromos301 analyser.

Results of the study. In order to maximise the potential of any sorghum hybrid, it is necessary to study the feasibility of growing it under different predecessors using recommended technologies in the relevant agroclimatic zone. In our studies, in all years, the best predecessor was winter wheat, which provided the highest yield of the Brigga hybrid - 7.01 t/ha, and the Milo W hybrid - 6.16 t/ha. In the French-bred Brigga hybrid, the amount of proteins was significantly lower and ranged from 8.70 g after sunflower to 9.81 g after winter wheat. As for the amount of fat in sorghum grain, the same pattern was observed, the highest amount of fat in the Brigga hybrid was observed after winter wheat. Worse predecessors such as sorghum for grain and sunflower reduced the amount of fat to 2.06 and 3.14 g, and with the best predecessor the amount of fat was 2.64 and 3.64 g. The Milo W hybrid had a significantly higher amount of proteins and fats in sorghum grain under different predecessors than the Brigga hybrid. The amount of dietary fibre in the Milo W hybrid averaged 6.39 mg, Brigga - 4.64 mg. The highest values of these nutrients were observed when sorghum was grown under winter wheat as a predecessor. With other predecessors, there was a tendency to reduce the content of protein, fat and carbohydrates. In sorghum grain, vitamin B2 was significantly less than vitamin B1. Thus, in the grain of the Milo W hybrid, riboflavin was 0.15 mg/100 g, and in the Brigga hybrid, 0.13 mg/100 g, while in cereals and flour, the amount of vitamin B2 in both hybrids decreased almost twice.

Conclusion. The conducted three-year studies show that the French hybrid Brigga had a significantly higher yield than the American hybrid Milo W in the conditions of the Eastern Forest-Steppe of Ukraine. The average yield was 7.01 t/ha for the Brigga hybrid and 6.16 t/ha for the Milo W hybrid. During the years of research, the American hybrid Milo W stood out among the studied hybrids in terms of the content of proteins, fats and carbohydrates. Among the studied hybrids, the American hybrid Milo W had the highest content of these vitamins - 0.36, 0.56 and 0.34 mg/100 g, respectively. The tendency to decrease the content of B vitamins in cereals and flour was preserved in both hybrids. According to the results of the research, it was found that the content of vitamin PP is the highest in the grain of the American-bred hybrid Milo W (6.04 mg), and in the French-bred hybrid Brigga (4.97 mg). In cereals and flour, the content of this nutrient decreased in both hybrids by 0.5 and 3% in cereals and by 3 and 4.7% in flour. The grain of the American-bred Milo W hybrid had a vitamin E content of 0.52 mg/100 g, while the lower content of this vitamin was found in the grain of the French hybrid Brigga - 0.48 mg/100 g. During grain processing into cereals and flour, the amount of this nutrient decreased in both hybrids.

Key words: sorghum, yield, precursors, nutrients, grain, cereals

УДК 633.854.78:631.5:551.583(477.54)

DOI 10.5281/zenodo.18539078

І.І. Ткаченко, аспірант

М.В. Швиденко, канд. с.-г. наук, доцент

Державний біотехнологічний університет, Харків, Україна

ВПЛИВ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН НА ВРОЖАЙНІСТЬ ГІБРИДІВ СОНЯШНИКА У ЛІСОСТЕПОВІЙ ЗОНІ ХАРКІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

У статті розглянуто вплив кліматичних змін на врожайність гібридів соняшника в умовах Лісостепової зони Харківської області протягом 2022–2025 рр. Метою дослідження було встановлення взаємозв'язку між агрокліматичними показниками — сумою опадів, сумою активних температур (вище 10 °С) та гідротермічним коефіцієнтом (ГТК) — і врожайністю п'яти гібридів соняшника: СІ “Честер”, П64ЛЛ129, СІ “Ласкала”, НК “Конді” та П64ЛП130. Дослідження проводилися у господарствах Берестинського району, де умови вегетації соняшника протягом аналізованого періоду характеризувалися різким контрастом за температурним і вологісним режимом.

За результатами аналізу встановлено тенденцію до зростання температурного фону та зменшення кількості опадів упродовж 2022–2025 рр., що підтверджується зниженням гідротермічного коефіцієнта від 1,1 до 0,4. Такі зміни свідчать про поступове посилення аридизації клімату в регіоні. Урожайність соняшника у середньому зменшилася з 3,6 т/га (2022 р.) до 2,4 т/га (2025 р.), що корелює з погіршенням умов зволоження. Найвищі показники стабільності врожайності спостерігалися у гібридів НК “Конді” та П64ЛП130, що свідчить про їх кращу адаптованість до підвищених температур і дефіциту вологи.

Кореляційний аналіз показав тісний прямий зв'язок між кількістю опадів та врожайністю гібридів ($r = 0,87\text{--}0,99$) і негативний зв'язок між сумою активних температур і врожайністю ($r = -0,68$ до $-0,89$). Найбільшу чутливість до коливань кліматичних факторів виявили гібриди СІ “Честер” і СІ “Ласкала”, тоді як гібрид П64ЛП130, вирощуваний за технологією “*Clearfield*” у 2024–2025 рр., показав слабку кореляцію з кліматичними показниками, що може свідчити про більшу стабільність та потенційну стійкість до екстремальних погодних умов.

Отримані результати підтверджують, що у сучасних кліматичних умовах доцільним є використання посухостійких гібридів та адаптивних технологій вирощування, спрямованих на максимальне збереження ґрунтової вологи. З огляду на зростання вартості насіння соняшника (з 13,6 до 26,8 тис. грн/т у 2022–2025 рр.) актуальним є також питання економічної ефективності вибору гібридів та технологій, які забезпечують стабільну врожайність за умов кліматичних ризиків.

Проведені дослідження поглиблюють розуміння адаптаційного потенціалу сучасних гібридів соняшника у Лісостепу України та можуть бути використані для

оптимізації структури посівів і прогнозування урожайності з урахуванням тенденцій кліматичних змін.

Ключові слова: соняшник, гібриди, врожайність, агрокліматичні показники, кліматичні зміни, лісостепова зона.

Вступ. Останні десятиліття характеризуються посиленням кліматичних змін, які істотно впливають на аграрне виробництво, особливо у зонах із високою частотою посушливих періодів. Лісостепова зона Харківської області, що є одним із провідних регіонів вирощування соняшника в Україні, зазнає помітних змін у температурному режимі та кількості опадів, що безпосередньо відображається на формуванні врожайності цієї культури [2].

Соняшник (*Helianthus annuus* L.) є стратегічною олійною культурою [16], яка забезпечує як внутрішні потреби країни, так і експортний потенціал аграрного сектору. Проте ефективність його вирощування значною мірою залежить від адаптаційних властивостей гібридів до змін клімату — підвищення середньодобових температур, зростання дефіциту вологи, зсуву фаз вегетації. Саме тому вивчення реакції різних гібридів соняшника на сучасні кліматичні умови має важливе практичне значення для оптимізації сортової політики та підвищення стабільності виробництва.

Дослідження впливу кліматичних чинників на урожайність гібридів соняшника у лісостеповій зоні Харківщини дозволяє виявити найбільш адаптовані форми, визначити закономірності зміни продуктивності залежно від погодних умов і розробити рекомендації щодо вибору сортів та агротехнологій для забезпечення стабільних урожаїв у майбутніх кліматичних сценаріях [13, 14].

Матеріали і методи досліджень. Дослідження проводилися в лісостеповій зоні Харківської області на базі сільськогосподарських підприємств Берестинського району у період 2022–2025 років.

Об'єктом дослідження були гібриди соняшника: СІ “Честер” [9], П64ЛЛ129 [6], НК “Конді” [5], СІ “Ласкала” [8] та П64ЛП130 [7]. Гібриди вирощували за класичною агротехнікою [12] (універсальна система підготовки ґрунту, сівба у рекомендовані строки, стандартні норми добрив та захисту) протягом 2022–2025 рр.; винятком став гібрид П64ЛП130, який у 2024–2025 рр. вирощували за технологією “*Clearfield*” (стійкі до імідазолінонів гібриди з можливістю післясходового застосування специфічних гербіцидів) [3].

Для встановлення впливу кліматичних показників на урожайність гібридів соняшника [19] за відкритими даними Берестинської метеостанції [15] розраховувалися суми опадів, суми активних температур та гідротермічний коефіцієнт зволоження по місяцях і на період вегетації гібридів соняшника [20].

Статистична обробка даних включала описову статистику (середнє, стандартне відхилення), кореляційно-регресійний аналіз для встановлення зв'язків між врожайністю та агрокліматичними показниками (суми опадів, суми активних температур, ГТК).

Усі кроки обробки даних (передобробка метео-рядів, агрегування за місяцями й періодом вегетації, розрахунок сум і коефіцієнтів, побудова статистичних моделей) виконувалися стандартними математичними методами.

Результати досліджень та їх обговорення. Спостереження за кліматичними змінами останніми роками вказують на їх тривалий характер. Так у лісостеповій зоні Харківської області за останні 45 років середньорічна температура у середньому зросла на 3°C (з 7,0°C до 10,0°C), а кількість опадів знизилася на 91,3 мм (з 656,5 мм до 565,2 мм) [1].

Упродовж усіх років досліджень (рис. 1) спостерігалась типова сезонна закономірність підвищення температури від квітня до липня та поступового її зниження у серпні–вересні. У 2022 і 2023 роках вегетаційний сезон починався пізніше у порівнянні з двома наступними роками.

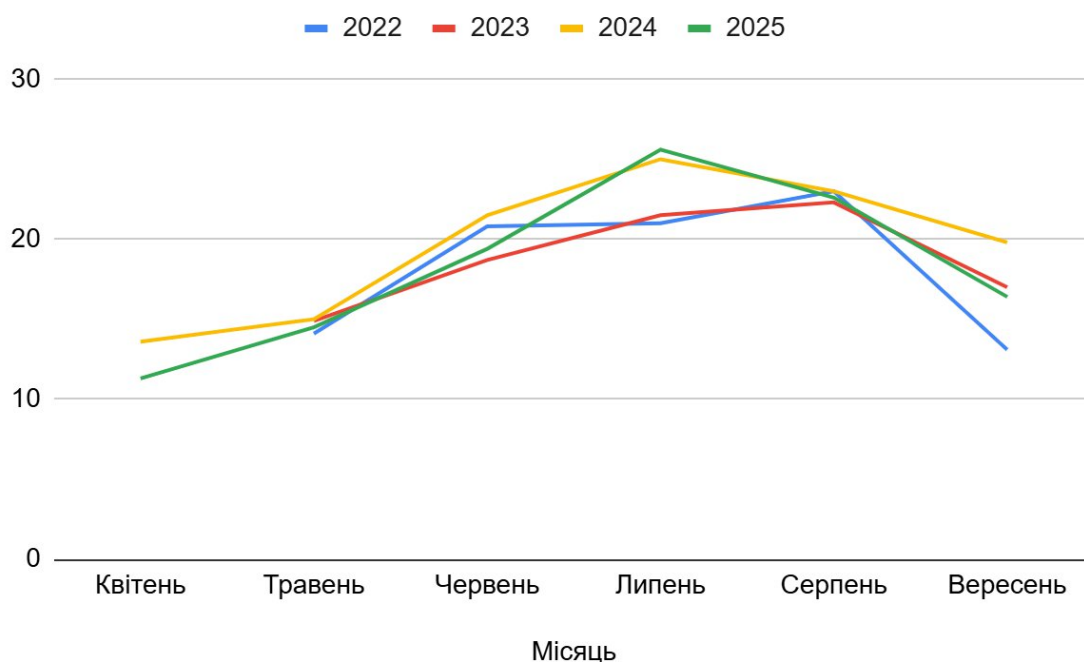


Рис. 1. Середньомісячна температура повітря (°C) протягом вегетаційного періода соняшника у 2022-2025 роках

2022 та 2023 роки мали помірний температурний режим — коливання температури не були різкими, а середні показники в літні місяці становили близько 22–24°C. Максимальне підвищення

температури в ці роки припадало на серпень місяць. Натомість у 2024 і 2025 роках відбулося зміщення максимальних температур на липень, де у 2025 році середньомісячна температура перевищувала середні багаторічні значення, досягаючи пікових 27°C. 2024 рік також характеризувався підвищеним температурним фоном, особливо в червні, що свідчило про тенденцію до посушливого літа.

У вересні у всі роки відмічалось суттєве зниження температури (до 13–19°C), що збігається з періодом завершення вегетації соняшника. Таким чином впродовж 2022–2025 рр. спостерігалась тенденція до поступового підвищення температурного фону, що відображає вплив сучасних кліматичних змін і може позначатися на продуктивності різних гібридів соняшника [4].

Розподіл опадів за роками досліджень (рис. 2) свідчить про значну мінливість атмосферного зволоження у різні роки. Найбільш вологим був 2022 рік, для якого характерні високі показники у серпні (понад 60 мм) і особливо у вересні — понад 90 мм, що суттєво перевищує середні багаторічні значення. Це могло сприяти кращим умовам досягання соняшника, але ускладнювати збирання врожаю.

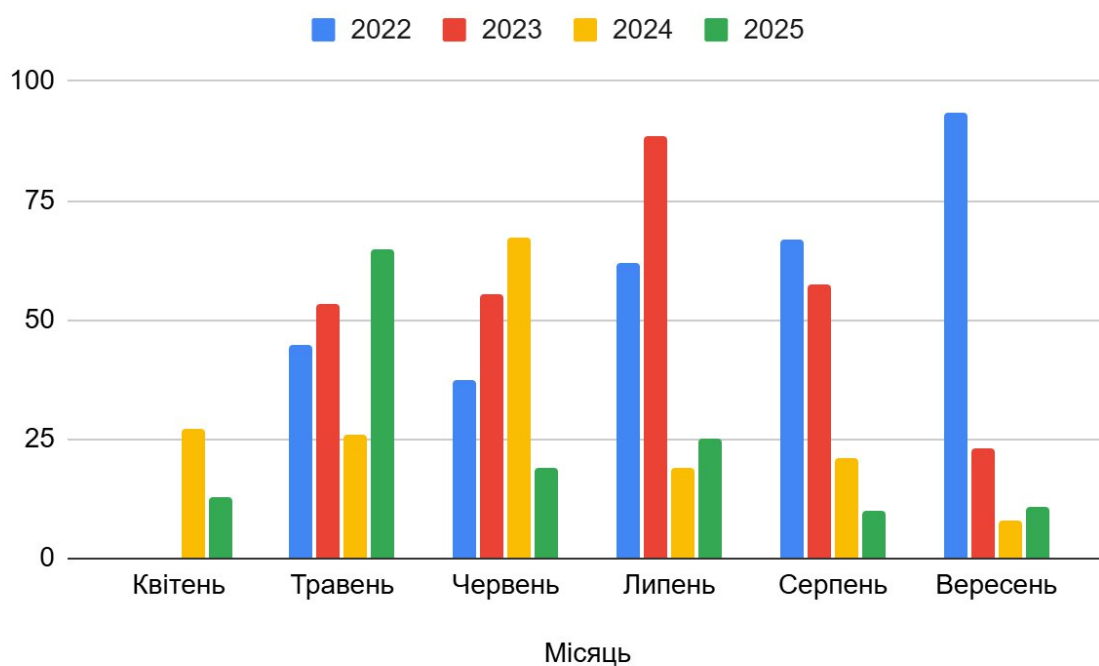


Рис. 2. Щомісячна кількість опадів (мм) протягом вегетаційного періода соняшника у 2022-2025 роках

2023 рік також відзначався підвищеною кількістю опадів, зокрема у червні–липні (понад 50–80 мм), що створювало сприятливі умови для росту і наливу насіння. Натомість 2024 і 2025 роки характеризувалися посушливішими умовами, особливо в липні–серпні, коли кількість опадів не перевищувала 20–25 мм. У 2024 році максимум зволоження

припав на червень (понад 60 мм), тоді як у 2025 році найбільша кількість опадів спостерігалась у травні (близько 65 мм).

Загалом, спостерігалась спрямованість до нерівномірного розподілу опадів протягом сезону, із тенденцією до зниження їхньої кількості у другій половині вегетаційного періоду в останні роки досліджень.

Ще більш наочно демонструють кліматичні зміни показники: кількість опадів, сума активних температур і гідротермічний коефіцієнт зволоження Селянінова (ГТК) (табл.1).

1. Агрокліматичні показники за період вегетації соняшника (квітень-вересень)

Показник	Роки			
	2022	2023	2024	2025
Сума опадів, мм	305	278	168	143
Сума активних температур, °C	2818	2891	3600	3357
ГТК	1,1	1,0	0,5	0,4

Представлені дані свідчать про суттєві відмінності агрокліматичних умов упродовж 2022–2025 років, що безпосередньо вплинуло на ріст, розвиток і врожайність гібридів соняшника.

У 2022–2023 роках умови можна охарактеризувати як помірно сприятливі для культури. Сума опадів становила 305 та 278 мм відповідно, що забезпечувало відносно достатнє зволоження вегетаційного періоду. Гідротермічний коефіцієнт (ГТК) — 1,1 у 2022 р. та 1,0 у 2023 р. — відповідала межі між оптимальними й помірно посушливими умовами, що загалом сприяло формуванню врожаю соняшника.

Натомість 2024 і 2025 роки характеризувалися значним дефіцитом вологи: сума опадів знизилася до 168 і 143 мм, при цьому сума активних температур зросла до 3600 і 3357 °C. Високі температури поєднуючись з нестачею опадів, зумовили різке зменшення ГТК до 0,5 та 0,4 — показників, типових для сильних і дуже сильних посух. Такі умови створювали стресові умови для рослин, особливо у фазах цвітіння та наливу насіння, що призвело до зниження врожайності, особливо в гібридів із нижчою посухостійкістю (табл. 2).

У 2022 році середня врожайність становила 3,6 т/га, що відображає сприятливі умови вегетації з достатньою кількістю опадів (ГТК = 1,1). Найвищу продуктивність показали гібриди СІ “Честер” (3,8 т/га) та НК “Конді” (3,7 т/га), що свідчить про їхню високу стабільність у помірно

зволожених умовах. У 2023 році спостерігалось зниження середнього рівня урожайності до 3,0 т/га, зокрема через меншу кількість опадів (ГТК = 1,0), хоча окремі гібриди, такі як НК “Конді” (3,3 т/га), залишалися порівняно врожайними.

2. Урожайність гібридів соняшника залежно від технології вирощування і середня ціна насіння соняшника у 2022-2025 рр.

Назва гібрида (фактор А)	Технологія вирощування	Роки (фактор В)				Середнє
		2022	2023	2024	2025	
СІ “Честер”	Класична	3,8	3,1	2,3	2,1	2,8
П64ЛЛ129	Класична	3,5	3,1	2,8	2,1	2,9
СІ “Ласкала”	Класична	3,4	3,0	2,4	2,1	2,7
НК “Конді”	Класична	3,7	3,3	3,2	2,8	3,3
П64ЛП130	Класична/ <i>Clearfield</i> *	3,5	2,7	3,6*	3,0*	3,2
Середнє (НСР05 А і В = 0,5)		3,6	3,0	2,9	2,4	3,0
Середня ціна насіння, тис. грн/т		13,6	15,0	24,1	26,8	

Роки 2024–2025 були найпосушливішими (ГТК відповідно 0,5 і 0,4), що спричинило різке зменшення врожайності до 2,9 та 2,4 т/га. Найбільше зниження відзначено у гібридів, вирощених за класичною технологією (СІ “Честер”, СІ “Ласкала”, П64ЛЛ129), урожайність яких у 2025 році не перевищувала 2,1–2,3 т/га. Водночас гібрид П64ЛП130, вирощуваний за технологією “*Clearfield*” [17] у 2024–2025 роках, продемонстрував відносно вищу стійкість до посухи (3,6 та 3,0 т/га відповідно), що підтверджує ефективність поєднання генетичної адаптованості з сучасною технологією вирощування.

Загальна тенденція показує, що середній рівень урожайності соняшника знизився з 3,6 т/га у 2022 році до 2,4 т/га у 2025 році, тобто на 33 % [18]. Натомість середня ціна насіння зросла з 13,6 тис. грн/т у 2022 р. до 26,8 тис. грн/т у 2025 р., тобто майже вдвічі, що пояснюється зменшенням пропозиції продукції через несприятливі агрокліматичні умови.

Таким чином, результати підтверджують тісний зв’язок між кліматичними чинниками та економічними показниками виробництва соняшника. В умовах посилення посушливості регіону найбільш перспективними виявляються гібриди з підвищеною посухостійкістю та технології типу “*Clearfield*”, які забезпечують стабільнішу врожайність за кліматичних стресів і можуть частково компенсувати економічні втрати господарств.

Аналіз даних таблиці 3 свідчить про наявність тісного кореляційного зв'язку між урожайністю більшості гібридів соняшника та агрокліматичними показниками за період 2022–2025 років. Виявлені коефіцієнти кореляції дозволяють оцінити, які фактори мали найбільший вплив на формування продуктивності різних груп стиглості.

3. Кореляційний зв'язок між урожайністю гібридів соняшника і агрокліматичними показниками

Назва гібрида	Група стиглості	Агрокліматичні показники		
		Σопадів, мм	Σакт. t °C	ГТК
СІ “Честер”	Рання	0,97	–0,89	0,97
П64ЛЛ129	Середньорання	0,92	–0,70	0,89
СІ “Ласкала”	Середня	0,99	–0,87	0,98
НК “Конді”	Середня	0,90	–0,68	0,87
П64ЛП130	Середня	–0,06	0,33	–0,10

Для гібридів СІ “Честер”, П64ЛЛ129, СІ “Ласкала” та НК “Конді” спостерігається сильний позитивний зв'язок урожайності із сумою опадів ($r = 0,90\text{--}0,99$) і гідротермічним коефіцієнтом (ГТК) ($r = 0,87\text{--}0,98$). Це свідчить, що забезпечення вологою є головним лімітуючим фактором у формуванні врожайності соняшника в лісостеповій зоні Харківської області. За умов зменшення кількості опадів або низького ГТК урожайність суттєво знижується.

Водночас для цих самих гібридів виявлено сильний негативний кореляційний зв'язок із сумою активних температур ($r = -0,68\text{--}-0,89$). Це означає, що надмірне підвищення температурного режиму (особливо у поєднанні з дефіцитом вологи) негативно позначалося на рості, розвитку та наливі насіння, тобто високі температури вегетаційного періоду діяли як стресовий чинник.

На відміну від інших, гібрид П64ЛП130, який вирощувався частково за технологією “*Clearfield*”, не показав вираженого зв'язку між урожайністю та кліматичними факторами ($r = -0,06$ для опадів, $r = -0,10$ для ГТК, $r = 0,33$ для температур). Це може свідчити про його вищу адаптивність і стабільність урожайності, незалежно від коливань погодних умов, що підтверджується і результатами попередньої таблиці (вища продуктивність у посушливі роки 2024–2025 рр.).

Отже, більшість гібридів соняшника у досліді мали високу залежність урожайності від водозабезпечення [10], тоді як гібриди,

вирощувані за технологією “*Clearfield*”, демонстрували підвищену посухостійкість і екологічну пластичність. Ці результати мають важливе практичне значення для вибору гібридів (сортів) [11] і технологій у контексті триваючих кліматичних змін у лісостеповій зоні Харківської області.

Висновки. Кліматичні умови лісостепової зони Харківської області у 2022–2025 рр. характеризувалися тенденцією до потепління і зменшення кількості опадів. За цей період сума опадів у вегетаційний період соняшника знизилася з 305 мм у 2022 р. до 143 мм у 2025 р., тоді як сума активних температур зросла з 2818 °С до понад 3300 °С. Гідротермічний коефіцієнт зменшився з 1,1 до 0,4, що свідчить про посилення проявів посушливості клімату.

Рівень урожайності гібридів соняшника істотно залежав від погодних умов року. Найвищу середню урожайність (3,6 т/га) отримано у 2022 році за сприятливих кліматичних умов, тоді як у 2025 році вона знизилася до 2,4 т/га через дефіцит вологи і високі температури. Найбільш продуктивними і стабільними виявилися гібриди НК “Конді” та П64ЛП130. Гібрид НК “Конді” показав відносно стабільні результати в усі роки досліджень (3,7–2,8 т/га), а П64ЛП130, вирощуваний за технологією “*Clearfield*”, зберіг вищу врожайність у посушливі роки (3,6–3,0 т/га), що свідчить про його високу адаптивність.

Між урожайністю та агрокліматичними показниками встановлено тісний кореляційний зв'язок. Для більшості досліджуваних гібридів спостерігається сильна позитивна кореляція урожайності з кількістю опадів ($r = 0,90\text{--}0,99$) і ГТК ($r = 0,87\text{--}0,98$) та негативна — із сумою активних температур ($r = -0,68\text{--}-0,89$). Це підтверджує вирішальну роль водозабезпечення у формуванні врожайності соняшника.

Гібрид П64ЛП130 вирізняється підвищеною екологічною пластичністю. Його урожайність слабо корелювала з кліматичними чинниками ($r = -0,06\text{--}0,33$), що свідчить про здатність підтримувати стабільну продуктивність за різних умов зволоження й температурного режиму.

Для стабілізації виробництва соняшника в умовах кліматичних змін доцільно впроваджувати адаптивні технології вирощування. Зокрема, використання гібридів із підвищеною посухостійкістю, систем збереження ґрунтової вологи (мінімальний обробіток, мульчування), а також технологій типу “*Clearfield*”, які забезпечують ефективний контроль бур'янів і меншу конкуренцію за вологу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бойченко С., Волощук В., Мовчан Ю., Сердюченко Н., Ткаченко В., Тищенко О., Савченко С. Особливості зміни клімату в Україні: сценарії, наслідки для природи та агроєкосистем. *Праці*

Національного авіаційного університету. 2016. № 69(4). С. 96–113. DOI: <https://doi.org/10.18372/2306-1472.69.11061>

2. Жигайло О. Л., Вольвач О. В., Толмачова А. В., Костюкевич Т. К. Вплив зміни клімату на врожайність соняшнику в північному Степу України: аналіз та прогноз. *Науковий прогрес та інновації*. 2021. № 1. С. 180–186. DOI: <https://doi.org/10.31210/visnyk2021.01.22>

3. Жуйков О. Г., Середюк В. Ю. Технологія вирощування соняшника Clearfield® – світова історія та вітчизняний досвід. *Аграрні інновації*. 2024. № 23. С. 68–74. DOI: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.23.10>

4. Корнійчук О. В. Глобалізація кліматичних змін в агроценозах центрального правобережного Лісостепу. *Корми та кормовиробництво*. 2019. № 87. С. 127–131. DOI: <https://doi.org/10.31073/kormovyrobnytstvo201987-19>

5. НК «Конді». URL: <https://agro-liga.com/catalog-produkcii/podsolnechnik-nk-kondi/>

6. П64ЛЛ129. URL: <https://cropagro.com.ua/p64ll129>

7. П64ЛП130. URL: <https://transagro.com.ua/product/semena-podsolnechnika-pioner-p64lp130-pod-evrolajting-pljus-p64lp130-2/>

8. СІ «Ласкала». URL: <https://agro-trade.com.ua/semena-podsolnechnika-ci-laskala.html>

9. СІ «Честер». URL: <https://www.syngenta.ua/product/seed/si-chester>

10. Тищенко А. В., Степанов С. С., Тищенко О. Д., Коновалова В. М., Очкала О. С. Реакція гібридів соняшника ранньої групи стиглості на дефіцит вологи в умовах Степу України. *Аграрні інновації*. 2023. № 22. С. 162–174. DOI: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.22.25>

11. Casadebaig P., Trépos R., Picheny V., Langlade N., Vincourt P., Debaeke P. Increased genetic diversity improves crop yield stability under climate variability: A computational study on sunflower. *Quantitative Biology. Populations and Evolution (q-bio.PE)*. 2014. arXiv preprint. URL: <https://arxiv.org/abs/1403.2825>

12. Drobitko A., Panfilova A., Markova N., Horbunov M., Roubík H. Formation of sunflower hybrid productivity by resource saving cultivation technologies in southern Ukraine. *Ukrainian Black Sea Region Agrarian Science*. 2024. Vol. 28(3). P. 9–18. DOI: <https://doi.org/10.56407/bs.agrarian/3.2024.09>

13. Maria D., Boian I., Domenco R. The impact of droughts on sunflower production in the Republic of Moldova. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*. 2022. Vol. 50(4). Article 13040. DOI: <https://doi.org/10.15835/nbha50413040>

14. Melnyk A., Akuaku J., Makarchuk A. State and prospects of sunflower production in Ukraine. *AGROFOR International Journal*. 2017. Vol. 2(3). P. 116–122. DOI: <https://doi.org/10.7251/AGRENG1703116M>
15. Meteoblu. Історія та клімат. URL: https://www.meteoblue.com/uk/climate-change/berestyn_ukraine_704388
16. Petrenko V., Topalov A., Khudolii L., Honcharuk Y., Bondar V. Profiling and geographical distribution of seed oil content and other traits in sunflower in Ukraine. *Oil Crop Science*. 2023. Vol. 8(2). P. 111–120. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ocsci.2023.05.002>
17. Pfenning M., Palfay G., Guillet T. The CLEARFIELD® technology – A new broad-spectrum post-emergence weed control system for European sunflower growers. *Journal of Plant Diseases and Protection (New Series–21)*. 2008. URL: <https://www.researchgate.net/publication/236172130>
18. UkrAgroConsult. Рубрика «Sunseed/Oil prices» (архіви та щотижневі огляди). URL: <https://ukragroconsult.com/en/sunflower-prices/>
19. Zhygailo T., Zhygailo O., Akramova Z. Assessing the impact of climate change on sunflower yields using mathematical modeling. *BIO Web of Conferences. International Conference “Mountains: Biodiversity, Landscapes and Cultures (MBLC-2024)”*. 2025. Vol. 151. Article 01006. DOI: <https://doi.org/10.1051/bioconf/202515101006>
20. Zymaroieva A., Zhukov O., Fedoniuk T., Pinkina T., Vlasiuk V. Edaphoclimatic factors determining sunflower yields spatiotemporal dynamics in northern Ukraine. *Oilseeds and Fats, Crops and Lipids (OCL)*. 2021. Vol. 28. Article 26. DOI: <https://doi.org/10.1051/ocl/2021013>

REFERENCES

1. Boychenko, S., Voloshchuk, V., Movchan, Y., Serdyuchenko, N., Tkachenko, V., Tishchenko, O., & Savchenko, S. (2016). Features of climate change in Ukraine: Scenarios, consequences for nature and agroecosystems. *Proceedings of the National Aviation University*, 69(4), 96–113. <https://doi.org/10.18372/2306-1472.69.11061>
2. Casadebaig, P., Trépos, R., Picheny, V., Langlade, N., Vincourt, P., & Debaeke, P. (2014). Increased genetic diversity improves yield stability under climate variability: A computational study using sunflower as an example. *Quantitative Biology: Populations and Evolution (q-bio.PE)*. arXiv Preprint. <https://arxiv.org/abs/1403.2825>
3. Drobitko, A., Panfilova, A., Markova, N., Horbunov, M., & Roubík, H. (2024). Formation of sunflower hybrid productivity by resource-saving cultivation technologies in southern Ukraine. *Ukrainian Black Sea Region Agrarian Science*, 28(3), 9–18. <https://doi.org/10.56407/bs.agrarian/3.2024.09>
4. Kornichuk, O. V. (2019). Globalization of climate change in agrocenoses of the central right-bank forest-steppe. *Feed and Feed*

Production, 87, 127–131.
<https://doi.org/10.31073/kormovyrobnytstvo201987-19>

5. Maria, D., Boian, I., & Domenco, R. (2022). The impact of droughts on sunflower production in the Republic of Moldova. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 50(4), 13040.
<https://doi.org/10.15835/nbha50413040>

6. Melnyk, A., Akuaku, J., & Makarchuk, A. (2017). State and prospects of sunflower production in Ukraine. *AGROFOR International Journal*, 2(3), 116–122. <https://doi.org/10.7251/AGRENG1703116M>

7. Meteoblue. (n.d.). History and climate: Berestyn, Ukraine. Retrieved October 2025, from https://www.meteoblue.com/uk/climate-change/berestyn_ukraine_704388

8. NK Kondi. (n.d.). Retrieved October 2025, from <https://agro-liga.com/catalog-produkcii/podsolnechnik-nk-kondi/>

9. P64LL129. (n.d.). Retrieved October 2025, from <https://cropagro.com.ua/p64ll129>

10. P64LP130. (n.d.). Retrieved October 2025, from <https://transagro.com.ua/product/semena-podsolnechnika-pioner-p64lp130-pod-evrolajting-pljus-p64lp130-2/>

11. Petrenko, V., Topalov, A., Khudolii, L., Honcharuk, Y., & Bondar, V. (2023). Profiling and geographical distribution of seed oil content and other traits in sunflower in Ukraine. *Oil Crop Science*, 8(2), 111–120.
<https://doi.org/10.1016/j.ocsci.2023.05.002>

12. Pfenning, M., Palfay, G., & Guillet, T. (2008). The CLEARFIELD® technology – A new broad-spectrum post-emergence weed control system for European sunflower growers. *Journal of Plant Diseases and Protection, New Series*–21.
<https://www.researchgate.net/publication/236172130>

13. SI Chester. (n.d.). Retrieved October 2025, from <https://www.syngenta.ua/product/seed/si-chester>

14. SI Lascala. (n.d.). Retrieved October 2025, from <https://agro-trade.com.ua/semena-podsolnechnika-ci-laskala.html>

15. Tishchenko, A. V., Stepanov, S. S., Tishchenko, O. D., Konovalova, V. M., & Ochkala, O. S. (2023). Reaction of early maturity sunflower hybrids to moisture deficiency in the steppe conditions of Ukraine. *Agrarian Innovations*, 22, 162–174.
<https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.22.25>

16. UkrAgroConsult. (n.d.). Prices for sunflower seeds/oil (archives and weekly reviews). Retrieved October 2025, from <https://ukragroconsult.com/en/sunflower-prices/>

17. Zhigailo, O. L., Volvach, O. V., Tolmacheva, A. V., & Kostyukevich, T. K. (2021). The impact of climate change on sunflower yields

in the northern steppes of Ukraine: Analysis and forecast. *Scientific Progress and Innovation*, 1, 180–186. <https://doi.org/10.31210/visnyk2021.01.22>

18. Zhuykov, O. G., & Seredyuk, V. Y. (2024). Clearfield® sunflower cultivation technology – Global history and domestic experience. *Agrarian Innovations*, 23, 68–74. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.23.10>

19. Zhygailo, T., Zhygailo, O., & Akramova, Z. (2025). Assessing the impact of climate change on sunflower yields using mathematical modeling. *BIO Web of Conferences: International Conference “Mountains: Biodiversity, Landscapes and Cultures (MBLC-2024)”*, 151, 01006. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202515101006>

20. Zymarioieva, A., Zhukov, O., Fedoniuk, T., Pinkina, T., & Vlasiuk, V. (2021). Edaphoclimatic factors determining sunflower yields spatiotemporal dynamics in northern Ukraine. *Oilseeds and Fats, Crops and Lipids (OCL)*, 28, 26. <https://doi.org/10.1051/ocl/2021013>

I.I. Tkachenko, PhD student

State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine

M.V. Shvydenko, candidate of agricultural sciences, dotsent

State biotechnological university, Kharkiv, Ukraine

The impact of climate change on the yield of sunflower hybrids in the forest-steppe zone of the kharkiv region

Abstract. The article considers the impact of climate change on the yield of sunflower hybrids in the forest-steppe zone of the Kharkiv region during 2022–2025. The aim of the study was to establish the relationship between agroclimatic indicators — total precipitation, total active temperatures (above 10 °C), and the hydrothermal coefficient (HTC) — and the yield of five sunflower hybrids: SI “Chester,” P64LL129, SI “Lascala,” NK “Kondi,” and P64LP130. The research was conducted on farms in the Berestinsky district, where the conditions for sunflower vegetation during the analyzed period were characterized by a sharp contrast in temperature and humidity.

The analysis revealed a trend toward rising temperatures and decreasing precipitation during 2022–2025, which is confirmed by a decrease in the hydrothermal coefficient from 1.1 to 0.4. These changes indicate a gradual increase in aridization of the climate in the region. Sunflower yields decreased on average from 3.6 t/ha (2022) to 2.4 t/ha (2025), which correlates with the deterioration of moisture conditions. The highest yield stability indicators were observed in the NK Kondi and P64LP130 hybrids, which indicates their better adaptation to higher temperatures and moisture deficiency.

Correlation analysis showed a close direct relationship between precipitation and hybrid yield ($r = 0.87–0.99$) and a negative relationship between the sum of active temperatures and yield ($r = -0.68$ to -0.89). The hybrids SI “Chester” and SI “Lascala” showed the greatest sensitivity to climatic fluctuations, while the P64LP130 hybrid, grown using Clearfield technology in 2024–2025, showed a weak correlation with climatic indicators, which may indicate greater stability and potential resistance to extreme weather conditions.

The results confirm that in modern climatic conditions, it is advisable to use drought-resistant hybrids and adaptive cultivation technologies aimed at maximizing soil moisture conservation. Given the increase in the cost of sunflower seeds (from 13.6 to 26.8 thousand UAH/t in 2022–2025), the issue of economic efficiency in the selection of hybrids and technologies that ensure stable yields under climatic risks is also relevant.

The research conducted deepens the understanding of the adaptive potential of modern sunflower hybrids in the Forest-Steppe zone of Ukraine and can be used to optimize crop structure and predict yields, taking into account climate change trends.

Keywords: sunflower, hybrids, yield, agroclimatic indicators, climate change, forest-steppe zone.

УДК 633.15:631.559:631.95

DOI 10.5281/zenodo.18540517

А. Науменко, аспірант

В. Коваленко, д-р с.-г. наук, професор

Національний університет біоресурсів і природокористування України,
Київ, Україна

ВПЛИВ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ КУКУРУДЗИ КОМПЛЕКСНИХ АНТИСТРЕСОВИХ ЗАХОДІВ

Кукурудза є однією з найважливіших зернових культур світу, продуктивність якої в останні роки істотно знижується під впливом абіотичних і біотичних стресів. У зв'язку із цим, оптимізація технологій вирощування з використанням біологічних і біодинамічних препаратів у поєднанні зі стимуляторами росту розглядається як перспективний шлях підвищення стійкості культури. Метою роботи було оцінити ефективність інтегрованих антистресових технологій у формуванні продуктивності кукурудзи. Дослідження проведено в польових умовах за схемою з трьома варіантами комплексних листових обробок біопрепаратами на основі *Trichoderma spp.* та *Pseudomonas spp.*, поліфункціональними стимуляторами росту і біодинамічними препаратами. Обліковували фізіолого-біохімічні параметри розвитку рослин, морфологічні показники качанів і врожайність. Установлено, що застосування біологічних препаратів у поєднанні зі стимуляторами росту забезпечує підвищення довжини качанів на 1,0 см, маси качанів на 38-46 г, кількості зерен на 47-49 шт. і маси 1000 зерен на 13-20 г порівняно з контролем. Так, у 2023-2025 рр.. приріст врожайності склав 12,9-14,9 %, причому найбільш виражений ефект спостерігався за комплексного використання біопрепаратів, стимуляторів росту та біодинамічних засобів. Практична цінність роботи полягає у доведенні доцільності впровадження інтегрованих антистресових систем у технологію вирощування кукурудзи, що дозволяє підвищити її продуктивність і стабільність урожаю в умовах глобальних кліматичних змін.

Ключові слова: біологічні препарати, стимулятори росту, антистресові технології, біодинамічні засоби, продуктивність кукурудзи, адаптація до стресу.

Вступ. Кукурудза (*Zea mays* L.) належить до провідних зернових культур світу, однак її продуктивність істотно обмежується впливом

абіотичних і біотичних стресів, насамперед посухи, різних коливань теплових хвиль та хімічного навантаження. Вивчення проблеми стресу рослин і факторів, які його викликають — фізичних, хімічних і біологічних, — засвідчує, що негативний вплив комплексу стресорів може бути знижений за рахунок оптимізації технологій вирощування. Зокрема, надмірне застосування хімічних препаратів доцільно обмежувати шляхом упровадження ефективних механічних методів боротьби з бур'янами або використання бінарних посівів, що успішно апробовано в органічному землеробстві. Перспективним напрямом є також заміна хімічних засобів захисту на біологічні, які активують імунну систему рослин та не спричиняють фітотоксичності. Додатковим інструментом є пофазне застосування комплексних багатофункціональних стимуляторів росту з вмістом гормонів, амінокислот, фульвових кислот та мікроелементів. Серед найбільш ефективних систем захисту рослин виділяють науково-обґрунтовану інтегровану систему захисту рослин (ІЗЗР). Проте останнім часом спостерігається розмиття цього поняття серед агровиробників, хімічних компаній і деяких науковців, коли рекомендації щодо агрономічних заходів, таких як обробіток ґрунту, вибір стійких сортів та фітомоніторинг, часто поєднуються лише з використанням хімічних засобів захисту (FAO, 2022). Національні джерела, зокрема Інститут захисту рослин НААН України, недостатньо обґрунтовує регіональні ІЗЗР, обмежуючись фрагментарними програмами досліджень, такими як «Інтегрована система захисту зернових культур від шкідників, хвороб і бур'янів» (NAAS, 2023).

Більш чіткі визначення інтегрованого захисту рослин пропонують міжнародні джерела, такі як EOS Data Analytics та концепція збалансованого природокористування, які визначають ІЗЗР як комплексний підхід, спрямований на довгостроковий захист рослин і запобігання появі шкідливих організмів [3]. При цьому, основою методу є поєднання трьох взаємопов'язаних компонентів: агротехнічних і фізико-механічних методів, біологічних засобів і хімічних препаратів. Біологічні засоби доцільно розглядати не як експериментальні нововведення, а як невід'ємну складову системи захисту, що включає охорону природних регуляторів, хижаків, паразитів та збудників хвороб фітофагів. Для контролю шкідників застосовують препарати на основі грибів, бактерій та вірусів, які пригнічують шкідливі організми, не спричиняючи резистентності та маючи низьку токсичність для рослин [4].

Відмічено, що іопрепарати мають поліфункціональну дію, регулюючи фітопатогенну мікробіоту, зменшуючи біологічне забруднення агроєкосистем і покращуючи якість продукції. Взаємодія біологічних агентів може здійснюватися через паразитизм, хижацтво та

конкуренцію, а також за рахунок метаболітів, що мають біологічну активність [5]. Приклади ефективних біопрепаратів включають: *Trichodermin M* на основі *Trichoderma viride*, що пригнічує широкий спектр патогенів; *Planriz M* на основі *Pseudomonas fluorescens*, який має фунгіцидну та бактерицидну дію; та *Biplan M*, що поєднує комплексну дію.

Огляд літератури. Дослідження в окремих регіонах підтверджують ефективність комплексних антистресових заходів у підвищенні толерантності кукурудзи до водного дефіциту та високих температурі окремих фітофагів. Так, фоліарні обробки кремнієм і цинком сприяють відновленню фотосинтетичної активності та формуванню урожайності за різних режимів зрошення [6]. Використання саліцилової та аскорбінової кислот знижує фотодеструкцію та посилює антиоксидантний захист. Біостимулятори на основі *Trichoderma* spp. і гумінових речовин сприяє кращому розвитку рослин і підвищує їхню стійкість до стресів [7]. Ефективність антистресових заходів значно зростає при їхній інтеграції з водозбережними системами зрошення: поєднання біостимуляторів і мікроелементних фоліарних обробок з раціональними режимами зрошення. Це покращує водну продуктивність і дозволяє утримувати або підвищувати урожайність кукурудзи за обмежених ресурсів води [6, 10]. Попри значну кількість досліджень, бракує даних щодо оптимальних комбінацій антистресових і фітосанітарних заходів у конкретних ґрунтово-кліматичних умовах, що визначає актуальність подальших експериментальних досліджень. Метою роботи є оцінка ефективності інтегрованих антистресових технологій у підвищенні продуктивності та стійкості кукурудзи, а завданнями – встановлення їхнього впливу на фізіолого-біохімічні, фітосанітарні показники, водний режим і урожайність культури.

Матеріали та Методи. Хмельницький район знаходиться в лісостеповій зоні України, що впливає на формування ґрунтового покриву. Типи ґрунтів: Найбільш поширеними в регіоні є різні види чорноземів, що відзначаються високою родючістю. Це, зокрема: Чорноземи опідзолені: Утворюються під широколистяними лісами на лесових породах і мають ознаки вимивання (опідзолення). Чорноземи типові: Характеризуються високим вмістом гумусу та сприятливою структурою. Сірі лісові ґрунти: Поширені на менш родючих ділянках і вимагають внесення добрив.

Для пом'якшення наслідків негативних факторів застосовували обробку насіння біопрепаратами, позакореневе підживлення мікроелементами та регуляторами росту з антистресовою дією.

Об'єктом дослідження були процеси фізіологічного розвитку рослин та формування врожаю кукурудзи, а предметом — гібрид

кукурудзи ФАО СИ Фрегат, комплекс мікробіологічних препаратів фунгіцидної та інсектицидної дії, а також поліфункціональні стимулятори росту на основі фульвових кислот, амінокислот, мікроелементів та фітогормонів. Робоча гіпотеза полягала в тому, що мінімізація наслідків негативної дії стресових факторів (шкідників, патогенів та хімічних пестицидів) разом із застосуванням стимуляторів росту дозволить збільшити період продуктивного розвитку рослин і підвищити врожайність.

Дослідження проводили за схемою польового дослідження з чотирикратною повторністю та послідовним розміщенням варіантів. Площа облікової ділянки становила 70 м², посівної – 108 м²; загальна площа облікових ділянок – 1120 м², посівних – 1536 м². Контрольні ділянки залишалися необробленими. Обробки здійснювали у три фази розвитку кукурудзи за шкалою ВВСН: V1 – перший листок з комірцем, V4 – четвертий листок з комірцем, V9 – дев'ятий листок з комірцем.

1. Схема польового дослідження

Варіанти	Строки проведення обробок / фаза розвитку кукурудзи		
	V1 – перший листок з комірцем	V4 – четвертий листок з комірцем	V9 – дев'ятий листок з комірцем
Контроль	Обробки не проводились		
Варіант №1	Триходермін – 2л/га; Планриз – 1л/га; Біплан – 2л/га;	Триходермін – 2л/га; Бітоксібацілін – 2л/га; Лепідоцид – 2л/га;	Триходермін – 2л/га; Бітоксібацілін – 2л/га; Лепідоцид – 2л/га;
Варіант №2	Триходермін – 2л/га; Планриз – 1л/га; Біплан – 2л/га; Щедродар К – 1л/га;	Триходермін – 2л/га; Бітоксібацілін – 2л/га; Лепідоцид – 2л/га; Щедродар – 1л/га;	Триходермін – 2л/га; Бітоксібацілін – 2л/га; Лепідоцид – 2л/га; Щедродар – 1л/га;
Варіант №3	Триходермін – 2л/га; Планриз – 1л/га; Біплан – 2л/га; Щедродар К – 1л/га; БД препарат;	Триходермін – 2л/га; Бітоксібацілін – 2л/га; Лепідоцид – 2л/га; Щедродар – 1л/га; БД препарат;	Триходермін – 2л/га; Бітоксібацілін – 2л/га; Лепідоцид – 2л/га; Щедродар – 1л/га; БД препарат;

У всіх варіантах дослідів ставилася задача дослідити вплив листових обробок на формування врожаю кукурудзи. Варіант №1 передбачав оцінку ефективності профілактичних обробок біологічними фунгіцидами та інсектицидами. Варіант №2 включав комплексні листові обробки біопрепаратами та стимуляторами росту Щедродар К та Щедродар. Варіант №3 поєднував біопрепарати, стимулятори росту та біодинамічні препарати (Бочковий компост ССР та Препарований роговий гній 500Р).

Коротка характеристика застосованих препаратів: Триходермін М – фунгіцидний та бактерицидний біопрепарат на основі *Trichoderma*

viride; Планриз М – фунгіцидний та віруліцидний препарат на основі *Pseudomonas fluorescens*; Біплан М – фунгіцидний та інсектицидний препарат на основі *Pseudomonas aureofaciens*; Бітоксібацилін М – інсектицид на основі *Bacillus thuringiensis var. thuringiensis*; Лепідоцид М – інсектицид на основі *Bacillus thuringiensis var. kurstaki*; Щедродар та Щедродар К – комплексні поліфункціональні стимулятори росту на основі амінокислот, фульвових кислот та мікроелементів. Біодинамічні препарати ССР та 500Р використовувалися для покращення структури ґрунту та активізації мікробіоти. Препарат ССР вносився під час першого обприскування (V1), а 500Р – під час другого (V4).

Результати та Обговорення. У варіантах досліджень №2 була поставлена задача дослідити вплив листових обробок з використанням біологічних засобів захисту рослин та комплексних стимуляторів росту на формування врожаю кукурудзи. Перелік біопрепаратів (БП) і норми їх використання залишилися такими ж, як і в варіанті №1. Для стимуляції росту були використані препарати Щедродар К та Щедродар.

В варіанті №2 було проведено три обробки:

У фазі розвитку кукурудзи V1 (перший листок): БП + Щедродар К (1 л/га).

У фазі розвитку кукурудзи V4 (четвертий листок) та V9 (дев'ятий листок): БП + Щедродар (1 л/га).

2. Вплив на продуктивність кукурудзи листових обробок біопрепаратами та стимуляторами росту, (середнє 2023-2025 рр.)

Варіант досліджу	Середня довжина качана, см	Середня маса качана, г	Середня кількість зерен, шт.	Середня маса зерна в качані, г	Маса 1000 зерен, г	Маса зерна з 1 м ² , г
Контроль	18,7	196	592	182,4	308	1368
Варіант №2	19,7	234	641	205,8	321	1544

Примітка: різниця між контролем і варіантом достовірна на рівні $p < 0,05$

Аналізуючи отримані дані в варіанті досліджу №2, наведені в табл. 2, можна дійти висновку, що зростання врожайності на 12,9% у порівнянні з контролем було забезпечено, в першу чергу, за рахунок збільшення кількості зерна в качані (+8,3%), а також за рахунок підвищення маси 1000 насінин (+4,2%). Отже, можна зробити висновок, що використання стимуляторів росту та мікроелементів може суттєво вплинути на формування першого качана кукурудзи, що в кінцевому результаті призведе до зростання врожайності.

У варіанті дослід № 3 було досліджено вплив на формування врожаю кукурудзи використання мікробіологічних препаратів,

комплексних стимуляторів росту та біодинамічних препаратів СРР (Фляденпрепарат) та 500Р (препарований роговий гній).

У варіанті № 3 було проведено три обробки.

У фазі розвитку кукурудзи V1 (перший листок): БП + Щедродар К (1л/га) + СРР (0,25 кг/га).

У фазі розвитку кукурудзи V4 (четвертий листок): БП + Щедродар (1л/га) + 500Р (0,1 кг/га).

У фазі розвитку кукурудзи (дев'ятий листок): БП + Щедродар (1л/га).

3. Вплив на продуктивність кукурудзи комплексних антистресових заходів, (середнє 2023-2025 рр.)

Варіант досліджу	Середня довжина качана, см	Середня маса качана, г.	Середня кількість зерна в одному качані, шт.	Середня маса зерна в 1 качані, г.	Маса 1000 зерен, г	Маса зерна з 1м ² , г
Контроль	18,7	196	592	182,4	308	1368
Варіант №3	19,7	242	639	209,8	328	1572

Примітка: різниця між контролем і варіантом достовірна на рівні $p < 0,05$

Аналізуючи отримані дані у варіанті досліджу №3, які наведені в табл. 3, можна дійти висновку, що результати варіанту №3 дуже близькі до результатів варіанту №2. Зростання врожайності на 14,9%, збільшення кількості зерна в качані (+8,0%), а також збільшення маси 1000 насінин (+6,5).

Отримані результати підтверджують важливість інтегрованого використання антистресових заходів у технології вирощування кукурудзи. Встановлено, що біологічні препарати на основі *Trichoderma spp.* та *Pseudomonas spp.*, у поєднанні зі стимуляторами росту, позитивно впливають на формування генеративних органів та підвищують масу зерна з качана. Застосування біодинамічних препаратів додатково покращувало показники продуктивності, хоча їхній вплив на кількість зерен у качані був обмеженим за посухи.

Подібні тенденції відзначають інші дослідники. Так, Lamlom et al. [6] повідомляють, що фоліарні обробки мікроелементами сприяють відновленню фотосинтетичної активності та підвищенню урожайності за умов посухи. Csótó et al. [7] показали, що біостимулятори на основі *Trichoderma spp.* активізують ріст і підвищують стійкість кукурудзи до окремих біотичних і абіотичних стресів. Наші результати узгоджуються з цими даними та доповнюють їх тим, що інтеграція біологічних,

біодинамічних препаратів і стимуляторів росту виявилася більш ефективною за ізольоване використання окремих заходів.

З практичної точки зору результати вказують на доцільність впровадження ку виробництво омплексних антистресових систем у виробничу практику. Зокрема, поєднання біопрепаратів і водозбережних систем зрошення може забезпечити стабільну урожайність навіть за обмежених ресурсів води [10]. Разом з тим, потребує подальших досліджень визначення оптимальних комбінацій антистресових препаратів у конкретних ґрунтово-кліматичних умовах, що має інноваційне значення для адаптації технологій до зміни клімату.

Висновки. Дослідження підтвердили ефективність інтегрованих антистресових технологій у підвищенні продуктивності сучасних гібридів кукурудзи. Застосування біологічних препаратів у поєднанні зі стимуляторами росту забезпечує достовірне збільшення довжини та маси качанів, кількості зерен у качані та маси 1000 насінин, що призводить до підвищення врожайності на 12,9-14,9% порівняно з контролем. Вирігдно виражений ефект спостерігався при комплексному використанні біопрепаратів, стимуляторів росту та біодинамічних засобів.

Впровадження біологічних препаратів на основі *Trichoderma* spp. та *Pseudomonas* spp. сприяє активізації ростових процесів і підвищенню маси зерна, тоді як біодинамічні препарати покращують загальний стан рослин на фоні контрольованої родючості ґрунту, хоча їхній вплив на кількість зерен у качані виявилась обмеженою за посухи.

Отже, інтеграція антистресових заходів із водозбережними технологіями зрошення підвищує ефективність формування врожаю навіть за обмежених ресурсів води, що є важливим у контексті змін клімату та посилення абіотичних стресів. Результати дослідження підтверджують практичну цінність комплексного підходу та обґрунтовують його впровадження у виробничі системи вирощування кукурудзи.

Подальші дослідження доцільно зосередити на оптимізації комбінацій антистресових заходів у конкретних ґрунтово-кліматичних умовах для забезпечення стабільної та високої продуктивності культури.

Подяки

Немає

Фінансування

Немає

Конфлікт інтересів

Немає

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. FAO. Integrated Pest Management. Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2022. URL: <https://www.fao.org/pest-and-pesticide-management/ipm/integrated-pest-management/en/>
2. NAAS. Інтегрована система захисту зернових культур від шкідників, хвороб і бур'янів. Національна академія аграрних наук України, 2023. URL: <https://institut-zerna.com/library/repozitariy/docs/materialy-konf/materialy-konfinternational-conference-16-17-march-2023.pdf>
3. Pandit, M. A., Kumar, J., Gulati, S., Bhandari, N., Mehta, P., Katyal, R., Rawat, C. D., Mishra, V., & Kaur, J. (2022). Major Biological Control Strategies for Plant Pathogens. *Pathogens*, 11(2), 273. <https://doi.org/10.3390/pathogens11020273>
4. Khan, M., et al. Streptomyces as a Promising Biological Control Agent for Plant Pathogens. *Frontiers in Microbiology*, 2022. URL: <https://www.frontiersin.org/journals/microbiology/articles/10.3389/fmicb.2023.1285543/full>
5. Verma, P., et al. Plant Development and Protection with Biocontrol Agents and Secondary Metabolites. CRC Press, 2021. URL: <https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.1201/9781003392910-7/plant-development-protection-biocontrol-agents-secondary-metabolites-parul-johri-mala-trivedi-manish-singh-rajpoot-mrunal-gokhale-nazleen-jahan>
6. Lamlo, S. F., Abdelghany, A. M., Ren, H., Ali, H. M., Usman, M., Shaghaleh, H., Alhaj Hamoud, Y., El-Sorady, G. A. (2024). Revitalizing maize growth and yield in water-limited environments through silicon and zinc foliar applications. *Heliyon*, 10(15), e35118. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e35118> ScienceDirectPubMed
7. Csótó, A., Tóth, G., Riczu, P., Zabiák, A., Tarjányi, V., Fekete, E., Karaffa, L., Sándor, E. (2024). Foliar spraying with endophytic *Trichoderma* biostimulant increases drought resilience of maize and sunflower. *Agriculture*, 14(12), 2360. <https://doi.org/10.3390/agriculture14122360> MDPI Space Frontiers
8. Kandil, E. E., Lamlo, S. F., Gheith, E.-S. M., Javed, T., Ghareeb, R. Y., Abdelsalam, N. R., Hussain, S. (2023). Biofortification of maize growth, productivity and quality using nano-silver, silicon and zinc particles with different irrigation intervals. *The Journal of Agricultural Science*. <https://doi.org/10.1017/S0021859623000345> ResearchGateCambridge University Press & Assessment
9. Elmahdy, A. M., Ahmed, Y. M., Bakr, A. A. A., Lamlo, S. F., et al. (2023). Revolutionizing maize farming with potassium silicate foliar spray and water management techniques. *Silicon*, 15, 7121–7135. <https://doi.org/10.1007/s12633-023-02540-1>

10. Ocwa, A., Bojtor, C., Illés, Á. et al. (2024). Precision drip Irrigation System and Foliar Application of Biostimulant and Fertilizers Containing Micronutrients Optimize Photochemical Efficiency and Grain Yield of Maize (*Zea mays* L.). *J Soil Sci Plant Nutr* 24, 7786–7800 <https://doi.org/10.1007/s42729-024-02074-4>

11. Mazurenko, B., Hossain Sani, M. N., Litvinov, D., Kalenska, S., Kovalenko, V., Shpakovych, I., Pikovska, O., Gordienko, L., Yong, J. W. H., Ghaley, B. B., & Tonkha, O. (2025). Biostimulants-induced improvements in pea-barley intercropping systems: A study of biomass and yield optimization under Ukrainian climatic conditions. *Journal of Agriculture and Food Research*. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2025.102074>

12. Butenko, A., Datsko, O., Hotvianska, A., Nozdrina, N., Kovalenko, V., Rumbakh, M., Lemishko, S., Kozhushko, N., Toryanik, V., Kriuchko, L., & Davydenko, G. (2025). Assessment of the effectiveness of biofertilizers in the cultivation of common buckwheat (*Fagopyrum esculentum*) in an organic crop rotation system. *International Journal of Ecosystems and Ecology Science*, 15(3), 1–8. <https://doi.org/10.31407/ijees15.301>

Andrii Naumenko, PhD-Student

Vitalii Kovalenko, Doctor of Agricultural Sciences, Professor

National university of life and environmental sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

Impact of integrated anti-stress measures on maize productivity

Abstract. Maize is one of the most important cereal crops worldwide, yet its productivity is severely reduced by abiotic and biotic stresses. Optimization of cultivation technologies through the use of biological and biodynamic preparations in combination with growth stimulants is considered a promising approach to enhancing crop resilience. The aim of this study was to evaluate the effectiveness of integrated anti-stress technologies in improving maize performance. The field experiment included three variants of foliar treatments with biological preparations based on *Trichoderma spp.* and *Pseudomonas spp.*, multifunctional growth stimulants, and biodynamic agents. Physiological and biochemical plant parameters, ear morphology, and grain yield were assessed. The results showed that the application of biological preparations combined with growth stimulants increased ear length by 1.0 cm, ear weight by 38–46 g, grain number per ear by 47–49, and thousand kernel weight by 13–20 g compared to the control. Grain yield increased by 12.9–14.9 %, with the strongest effect observed under combined use of biological, growth-stimulating, and biodynamic agents. The practical significance of the study lies in demonstrating the feasibility of implementing integrated anti-stress systems into maize cultivation technology, which enhances crop productivity and yield stability under climate change conditions.

Keywords: biological preparations, growth stimulants, anti-stress technologies, biodynamic agents, maize productivity, stress adaptation.

ТЕХНОЛОГІЇ ЗБЕРІГАННЯ ПРОДУКЦІЇ

УДК 631.53: 635.646

DOI 10.5281/zenodo.18541150

Л.М. Пузік, д-р с.-г. наук, професор

В.К. Пузік, д-р с.-г. наук, професор

О.В. Івакін, к. с.-г. наук, доцент

Державний біотехнологічний університет, Харків, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПІСЛЯЗБИРАЛЬНОЇ ОБРОБКИ САЛІЦИЛОВОЮ КИСЛОТОЮ ТА ХІТОЗАНОМ НА ЗБЕРЕЖЕНІСТЬ ЯГІД ЛОХИНИ

Постановка проблеми. Збереження якості ягідної сировини набуває актуальності у зв'язку із цінністю ягід, як продукту харчування для десертного та технологічного призначення у переробній промисловості.

Для зменшення втрат ягід протягом всього логістичного ланцюжка «збір врожаю – післязбиральна обробка ягідної сировини – транспортування – зберігання – реалізація» необхідно загальмувати випаровування води з плодів, запобігати можливим фізіологічним пошкодженням і мікробіологічному псуванню продукції. З цією метою застосовують попередню обробку ягід перед зберіганням препаратами, які володіють антибактеріальними властивостями. Впроваджується нова технологія післязбиральної обробки плодоягідної продукції їстівним покриттями.

Ведуться пошуки способів післязбиральної доробки плодоягідної продукції, які гальмують фізіологічні процеси під час її зберігання та продовжує тривалість зберігання. Зберігання ягід з мінімальними втратами маси і без погіршення якості є актуальним питанням.

Мета Проведені дослідження ставили за мету вивчення впливу попередньої обробки ягід лохини розчином саліцилової кислоти та хітозаном на її збереженість. Для реалізації поставленої мети було необхідним вирішити наступні завдання: визначити природні втрати маси ягід лохин під час зберігання; встановити зміну сухих розчинних речовин ягід лохини, з урахуванням втрат маси за обробки їх розчином саліцилової кислоти та хітозаном.

Об'єктом дослідження є технологія попередньої обробки ягід лохини з використанням саліцилової кислоти та хітозану.

Предметом дослідження є ягоди лохини та розчин саліцилової кислоти та хітозана.

Висновки. Обробка ягід розчином саліцилової кислоти та хітозану продовжує тривалість зберігання на 7 діб та зменшує втрати маси. Ягоди сорту Дюк зменшили втрату маси на 8,9 % (з 19, 2 % до 10,3 %), аналогічні результати у сорту Патріот – 8,5 % (з 22,8 до 14,3 %), інші сорти за величиною втрати маси різнились від 6,2 до 5,3 %. . Попередня обробка ягід лохини саліциловою кислотою та хітозаном сповільнила втрати сухих розчинних речовин на 2,3–3,8 % залежно від особливостей сорту, тоді як у ягід необроблених на 2,8 – 4,9 %. Найбільші втрати сухих розчинних речовин спостерігали у сорту лохини Патріот, тоді як у сорту Ліберті вони були найменші – 2,8%.

Ключові слова: післязбиральна обробка, саліцилова кислота, хітозан, їстівні покриття, втрата маси.

Вступ. Серед м'яких ягід, що культивуються в Україні в останній час лохина високоросла набула найбільшу прихильність у комерційних товаровиробників та має більші експортні перспективи через низку переваг. Лохина (*Vaccinium corymbosum* L.) – вид, що походить з високогірних районів Північної Америки. Чагарник належить до родини вересових (Ericaceae), роду *Vaccinium*, підроду *Cyanococcus* і наразі широко культивується по всьому світу [1]. У 2024 році світове виробництво лохини вперше перевищило 2 мільйони тонн. Це у понад два рази більше, ніж було 10 років тому. Площі під цією ягодою щороку зростають мінімум на 10%, світ вже має безпрецедентні потужності з її вирощування [2].

Україна посіла 8-місце серед країн із найбільшими площами плантацій лохини. Площі під лохиною в Україні у 5,3 тис. [3]. У 2023 році Україна встановила історичний рекорд експорту лохини, вперше поставивши на зовнішні ринки понад 4 тисячі тонн ягоди у свіжому вигляді. Для учасників ринку такий показник експорту став великою несподіванкою з огляду на військову агресію росії проти України та величезні логістичні складнощі, з якими зіштовхнулися українські експортери внаслідок блокування кордонів з Україною польськими фермерами, чи то автоперевізниками. Лохину, яку вважають неклімактеричною ягодою, тому збирати її необхідно в оптимальній стиглості для споживання. Через високий вміст води термін зберігання ягід дуже короткий. Втрата води прискорює старіння плодів, одночасно з погіршенням біохімічної якості ягід.

Збереження якості ягідної сировини набуває актуальності у зв'язку із цінністю ягід, як продукту харчування для десертного та технологічного призначення у переробній промисловості. З цією метою застосовують попередню обробку ягід перед зберіганням препаратами, які володіють антибактеріальними властивостями. Впроваджується нова технологія післязбиральної обробки плодоягідної продукції їстівним покриттям [4].

Для зменшення втрат ягід протягом всього логістичного ланцюжка «збір врожаю – післязбиральна обробка ягідної сировини – транспортування – зберігання – реалізація» необхідно загальмувати випаровування води з плодів, запобігати можливим фізіологічним пошкодженням і мікробіологічному псуванню продукції. Ведуться пошуки способів післязбиральної доробки плодоягідної продукції, які гальмують фізіологічні процеси під час її зберігання та подовжує тривалість зберігання. Зберігання ягід з мінімальними втратами маси і без погіршення якості є актуальним питанням.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Лохина корисний продукт, який містить антоціани, які підтримують організм у поглинанні та нейтралізації вільних радикалів. Рослинні речовини, які надають чорниці темно-синій колір, можуть уповільнити процес передчасного старіння шкіри. Біологічні речовини, що містяться в лохині, стабілізують власну судинну систему організму і, згідно з деякими дослідженнями, можуть навіть запобігати раку та атеросклерозу. Разом з пектином і дубильними речовинами цукор і кислоти визначають смак ягід. Вони підвищують апетит, посилюють секрецію шлункового і підшлункового соків, стимулюють перистальтику. Плоди лохині багаті такими цінними фізіологічно активними речовинами, як фенольні сполуки. Флавоноли (біофлавоноїди), речовини з Р-вітамінною дією, зменшують проникність і підвищують міцність кровоносних капілярів, сприяють засвоєнню вітаміну С, беруть участь в окислювально-відновних процесах, регулюють роботу ендокринних залоз (насамперед – щитовидної). Це джерело тритерпенових сполук, філохінону (вітамін К). Ягоди лохині є цінним джерелом важливої протиатеросклеротичної та ліпотропної речовини бетаїну та мікроелементів. У насінні накопичується до 32 % жирної олії, а в листі понад 10 % дубильних речовин. Таким чином, ягоди лохині є джерелом ряду біологічно активних речовин, завдяки чому вони є цінним харчовим продуктом і лікарською. Плід лохини – це ягода розміром близько 2 см, з кількома насінинами (15–60), кулястими або сплюсненими, світло-блакитного або яскраво-темно-синього кольору, вкрита шкідником. Цей шар легко пошкоджується або видаляється під час збору врожаю та післязбиральної обробки. Кутикулярний віск відіграє важливу роль у підтримці післязбиральної якості та затримці старіння плодів. Його видалення з плодів прискорює втрату води та їх розкладання після збору врожаю, знижує сенсорні та поживні якості, а також скорочує термін зберігання. Незрілі плоди можуть довший період зберігання, але навряд чи розвинути належні органолептичні характеристики, тоді як термін зберігання перестиглих плодів, як правило, дуже короткий, оскільки схильність до гниття зростає [5, 6]. Польові умови перед збором врожаю, методи збору врожаю, генетичні характеристики сорту, стадія дозрівання плодів, умови зберігання (температура, відносна вологість та атмосфера) можуть впливати на термін придатності лохини від 1 до максимум 8 тижнів [7]. Неправильне поводження під час передзбиральної підготовки, збору врожаю, відбору, упаковки, транспортування, консервації та маркетингу; впливає на якість плодів лохини, спричиняючи деформацію, механічні пошкодження, втрату води, ферментацію та грибкове гниття [8]. Температура є найважливішим фактором навколишнього середовища, що впливає на якість лохини після збору врожаю. Свіжу лохину рекомендується

зберігати за температури близько 0 °C та відносної вологості 90–95% для досягнення максимального терміну придатності після збору врожаю. Зниження температури до 0...1 °C є ефективним методом зберігання ягід до 3 тижнів. Встановлено, що ягоди сорту лохини Bluecrop зберігалися за таких умов протягом 21 доби без втрати експортної якості [9]. Низькі температури після збору врожаю уповільнюють швидкість дихання ягідної продукції, втрату води, затримують процеси дозрівання та старіння, зменшують грибкове гниття [10].

Для більшої ефективності ягоди обробляють антимікробними препаратами з саліциловою кислотою. Саліцилова кислота і її похідні (ацетилсаліцилова і метилсаліцилова) є рослинними гормонами, що відіграють важливу роль у фізіологічних процесах, у тому числі стійкості до стресу. Тому, післязбиральна обробка саліцилатами попереджує псування, підвищує стійкість до хвороб, покращує зовнішній вигляд і харчову цінність [11, 12]. Обробка цитрусових розчином саліцилової кислотою з олігохітозаном та *P. membranaefaciens* сприяла значно меншій захворюваності й ураження впродовжзберігання [13, 14].

Однак, досліджень щодо сумісного використання саліцилової кислоти з хітозаном для попередньої обробки ягід лохини на їхню якість недостатньо.

За дослідженнями А.А. Lo'ay, А. Mohamed, М.А. Taher [15] саліцилова кислота використана сумісно з хітозаном підвищує стійкість до пошкодження плодів гуави впродовж 15 діб при температурі 27°C. У дослідженнях [16]показано вплив хітозану та саліцилової кислоти на збереженість плодів грейпфрута. Попередня обробка запобігла зеленій плісняві, інгібувала вплив ферментів і сприяла збереженні твердості плодів абрикоса, грейпфрута, черешні [17, 18].

Індонезійські вчені запропонували зберігати суницю в Екогелі, що складається із гелю алое (*Aloe barbadensis*, Mill.) із додаванням аскорбінової кислоти. Суниця в Екогелі за температури 7±1°C зберігалася до дев'яти діб без істотних втрат маси та органолептичних показників [19].

Позитивний ефект зазначено за обробки саліциловою кислотою до збору врожаю на стиглість, якість та післязбиральний термін придатності винограду сорту Flame Seedless. Обробка ефективно підтримували колір шкірки, вищу твердість, нижчу активність пектинметилестерази та витік електролітів, а також пригнічували деградацію загальної сухості, одночасно зберігались антоціани, феноли та органолептичні властивості, зменшуючи втрату ваги, потемніння стержня та частоту гниття. Кореляційний аналіз показав, що багато параметрів якості взаємозалежні [20].

Метою дослідження Ezzat A [21], було вивчити вплив саліцилової кислоти та метилжасмонату та 12 показників якості плодів абрикоса за температури зберігання 1°C протягом 7, 14 та 21 діб та термін придатності 4 та 8 днів за температури 25°C після зберігання за таких умов. Післязбиральна обробка значно зменшила втрату маси плодів, розм'якшення плодів та рН соку, а також підтримувало на початковому рівні вміст розчинних речовин та кислотність протягом усього періоду зберігання. Усі параметри сенсорних властивостей загалом покращилися після обробки метилжасмонатом та саліциловою кислотою порівняно з контрольною групою, обробленою водою, а плоди, оброблені водою, показали найнижчі бали нижче межі допустимого рівня, за винятком кольору шкірки. Результати свідчать про використання метилжасмонату та/або саліцилової кислоти для покращення та подовження лежкості плодів абрикоса як під час зберігання в холоді, так і під час терміну придатності [21].

Geransayeh MAHSA [22] було проведено спостереження за післязбиральною якістю плодів суниці сорту Gaviota після обробки саліциловою кислотою, тимолом, метилжасмонатом, а також після зберігання. Тимол, метилжасмонат та саліцилова кислота вважаються загальновизнаними безпечними. Результати показали, що плоди, оброблені композицією мали найнижчу втрату вмісту сухої речовини та найвищу кількість сухих розчинних речовин та вітаміну С [22].

Було досліджено комбінований вплив хітозану та аскорбінової кислоти на збереження якості та термін зберігання зібраних слив (*Prunus salicina* Lindley, сорт «Sanhuali»). Результати показали, що комбінована обробка аскорбіновою кислотою та хітозаном підтримувала пружність тканин, пригнічувала збільшення інтенсивності дихання та зменшувала зміни кольору порівняно з контролем [23].

Додавання антиоксиданту до їстівного покриття на основі полісахаридів зменшує післязбиральні втрати та подовжує термін зберігання покритих плодів. Протягом 15 днів досліджували вплив додавання аскорбінової кислоти (1%) до покриття на основі хітозану (1%) на плоди полуниці за температури зберігання 4 ± 1 °C та відносної вологості $85 \pm 5\%$. Було відзначено, що додавання АК до покриття ХХ зменшило втрату маси, вмісту компонентів хімічного складу порівняно з використанням лише ХХ. Комбіноване застосування хітозану та аскорбінової кислоти пригнічувало розм'якшення плодів, знижуючи активність ферментів, що руйнують клітинні стінки (тобто полігалактуронази, целюлази та пектинметилестерази), також підтримувала сенсорну якість (колір, смак, блиск та загальна прийнятність) плодів [24].

Отже, застосування саліцилової кислоти та хітозану може бути доцільним для обробки ягід лохини перед зберіганням.

Методика досліджень. Проведені дослідження ставили за мету вивчення впливу попередньої обробки ягід лохини розчином саліцилової кислоти та хітозаном на її збереженість.

Для реалізації поставленої мети було необхідним вирішити наступні завдання:

- визначити природні втрати маси ягід лохин під час зберігання;
- встановити зміну сухих розчинних речовин ягід лохини, з урахуванням втрат маси за обробки їх розчином саліцилової кислоти та хітозаном.

Об'єктом дослідження є технологія попередньої обробки ягід лохини з використанням саліцилової кислоти та хітозану.

Предметом дослідження є ягоди лохини та розчин саліцилової кислоти та хітозана.

Гіпотеза дослідження полягає в наступному: обробка плодощової продукції плівкоутворюючими речовинами, антимікробними препаратами після збирання спрямовані на зменшення втрат продукції під час зберігання, збереження поживної цінності ягід, зменшення ураження мікроорганізмами та фізіологічними розладами. Зберігання продукції в МГС збільшує вихід товарної продукції та тривалість зберігання.

Припущення. Враховуючи те, що доведено ефективність обробки антимікробними препаратами на основі хітозана різних плодів, зокрема шовковиці, ожини, суниці та полуниці, можна припустити подібні результати під час післязбиральної обробки ягід лохини.

Дослідження проводили з ягодами лохини сорту: Bluegold (Голландія), Дюк, Аврора, Ліберті, Патріот, вирощеними у господарстві «Простор», яке розташоване на околиці міста Люботин Харківської області 26 км від обласного центра. В господарстві насадження лохини були закладені з 2015 року за схемою 2,5 x 0,9 м. Плоди збирали в споживній стадії стиглості, спочатку зібрану продукцію завантажували у камеру попереднього охолодження з температурою +4...+6 °С. Охолодження 12–20 год. Зберігали за температури 1±0,5°C та відносної вологості повітря 95±1 % у пінетках з кришкою kit 250 h53 gret, infia масою до 0,250 ± 0,1кг. Виготовляють тару з якісного, екологічного матеріалу – 100% вторинного пластику, що наділений необхідними сертифікатами безпечності та відповідності. Крім того, лотки прозорі, що сприяє огляду зовнішнього вигляду ягід пластику в торгівельних точках.

У закритих пінетках за рахунок дихання ягід змінювалось газове середовище на МГС. Ефективність обробок у подовженні терміну зберігання плодів оцінювали за втратою маси, ураженням *Botrytis cinerea*, якісними ознаками візуального вигляду. Критерій закінчення зберігання плодів – втрати маси не більше 10 % [25].

Спостереження проводили через сім діб. Впродовж зберігання плодів визначали природні втрати маси, вихід товарної продукції, зміну сухих розчинних речовин, з урахуванням втрат маси.

Варіанти досліджу: ягоди без обробки (контроль); ягоди з обробкою 1% (100 м г/л) розчином саліцилової кислоти та 1 % хітозан. Висушували плоди природним шляхом.

Відбір зразків для аналізу здійснювали за ДСТУ ISO 874–2002 [26], втрати маси методом фіксованих проб, товарну якість продукції після зберігання згідно ДСТУ 8320:2015, вихід товарної продукції після зберігання приймали за 100 %, вміст сухих розчинних речовин – рефрактометром РПЛ-3М за ДСТУ 8402:2015 [27]. Кількість фіксованих проб кожного варіанту – 3. Втрати маси (В) розраховували у відсотках до початкової маси за формулою (1):

$$B = \frac{(a - b) \cdot 100}{a}, \quad (1)$$

де: a – маса продукції при закладанні на зберігання, г;

b – маса продукції після зберігання, г.

Ефективність впливу обробки визначали за середнім рівнем щодобових втрат ягід протягом зберігання, які складаються з суми втрат маси і втрат, що спричинені мікробіологічними захворюваннями і фізіологічними розладами, віднесеними до кількості діб зберігання (2):

$$P = \frac{L_w + TL_w}{t}, \quad (2)$$

де P – середній рівень щодобових втрат, % за добу,

L_w – втрати маси, %,

TL_w – сумарні втрати маси, що спричинені мікробіологічними хворобами і фізіологічними розладами, %,

t – тривалість зберігання, діб.

Представлені в роботі дані є середнім значенням між трьома вимірюваннями. Статистичний аналіз проводився з використанням Microsoft Excel 2007 (USA). Відмінності вважалися статистично значущими за рівня значущості $\alpha=0,05$.

Результати та обговорення. Маса ягід – сортова особливість. Серед сортів, що вивчали маса 100 ягід коливалась від 130,5 г у сорту Патріот до 260,5г у Bluegold. Середня маса 100 зважених плодів становила $195,30 \pm 65,30$ г (з варіацією від 130,60 до 206,00 г). Після 35 діб зберігання вага плодів значно зменшилася в усіх сортах. Втрата ваги плодів є насамперед результатом дихання, транспірації та метаболічної активності, що відбуваються в післязбиральний період [28].

Втрата маси ягід, спричинена втратою вологи, також проявляється змінами текстури, смаку та зовнішнього вигляду плодів. Найвищий рівень втрати маси лохин спостерігався після 28 діб зберігання (табл.1).

1. Втрата маси ягід лохини під час зберігання залежно від сортових особливостей, %

Сорт	Тривалість зберігання, діб					Коефіцієнт варіації
	7	14	21	28	35	
Дюк	2,5	5,8	10,5	15,7	19,2	4,28
Ліберті	1,5	3,0	5,0	7,7	14,9	6,79
Bluegold	1,9	3,2	4,5	8,8	13,2	10,97
Аврора	2,2	5,0	6,2	9,8	17,5	0,05
Патріот	2,5	6,7	9,8	14,6	22,8	13,47

Втрата маси коливалась від 13,2 % у сорту Bluegold до 22,8 – Патріот, тобто з варіацією від 13,2 до 22,8 %, а відсоток втрати ваги показав значення $17,52 \pm 4,8\%$. Коефіцієнт варіації характеризує одноманітність сукупності та ступінь надійності обчислення середніх величин. Якщо V менше або рівне 10%, то сукупність вважають одноманітною, а середні показники, які пораховані на її основі репрезентативними. У нашому дослідженні коефіцієнт варіації становив менше 10 % у сорту Дюк, Ліберті та Аврора. Bluegold та Патріот мають варіацію втрати маси у сукупності середньою, а показники, які пораховані на її основі мають середній ступінь надійності.

Динаміка втрати маси відбувалась нерівномірно. У перші 7 діб добова втрати маси коливались від 0,21 сорту Ліберті до 0,36 Дюк, Патріот. Далі спостерігається інтенсивність втрати маси. На кінець зберігання щодобові втрати маси становили 1,02 – 1,11. Необхідно відмітити, якщо втрати маси відрізнялись у сортів не значно, то у сорту Bluegold вони були максимальними – 4,40 %. Тобто втрата маси ягід під час зберігання залежить від сортових особливостей, тобто генетично обумовлена

Згідно з літературними даними, максимальна втрата маси до того, як лохина стане непридатною для продажу, становить приблизно від 8 до 10 % [25]. Дослідження свідчать, що сорти Дюк та Патріот доцільно зберігати 21 добу, тоді як інші сорти – 28 діб.

Прогнозування зміни якості дає можливість завчасно визначити тривалість зберігання ягідної сировини і передбачити з загальною вірогідністю динаміку зміни компонентів хімічного складу, яка відбувається при цьому. Встановлено, втрата маси плодів залежить від тривалості зберігання. Регресійним аналізом результатів дослідження можливо передбачати закінчення тривалості зберігання плодів (табл. 2). Для аналізу (оцінки) помилок регресійного аналізу використовували лінію тренда. В умовах класичної лінійної множинної регресії,

коефіцієнт (R) приймає значення від 0 до 1. Вважається, що чим ближче коефіцієнт до 1, тим кращою є модель. Коефіцієнт детермінації (R^2) використовується як одна із метрик для судження вірності моделі. Точність регресійного аналізу визначається значенням R^2 .

2. Рівняння регресії втрати маси ягід лохини залежно від тривалість зберігання

Сорт	Рівняння лінійної залежності	Коефіцієнт детермінації
Дюк	$Y = 4,33x - 2,25$	9,9945
Ліберті	$Y = 3,15x - 3,03$	0,8902
Bluegold	$Y = 2,82x - 2,14$	0,9240
Аврора	$Y = 3,54x - 2,28$	0,9898
Патріот	$Y = 4,85x - 3,27$	0,9441

Лохини містить в середньому 84–88% води, решта – це суха речовина. Втрата маси відбувається в більшій мірі за рахунок випаровування води та інтенсивного дихання ягід. Щоб запобігти міграції води з ягід у навколишнє середовище під час зберігання проводили післязбиральну обробку саліциловою кислотою та хітозаном. Як зазначалось вище, обробка саліцилатами попереджує псування, підвищує стійкість до хвороб, покращує зовнішній вигляд і харчову цінність. Встановлено, що обробка ягід розчином саліцилової кислоти та хітозану подовжує тривалість зберігання та зменшує втрати маси (рис.1). Необхідно зазначити, що ягоди сорту Дюк зменшили втрату маси на 8,9 % (з 19,2 % до 10,3 %), аналогічні результати у сорту Патріот – 8,5 % (з 22,8 до 14,3 %), інші сорти за величиною втрати маси різнились від 6,2 до 5,3 %.

Попередня обробка ягід лохини саліциловою кислотою та хітозаном сповільнила втрати сухих розчинних речовин. Доведено, що масова частка розчинних сухих речовин знижувалася повільніше у зразках з обробкою розчину.

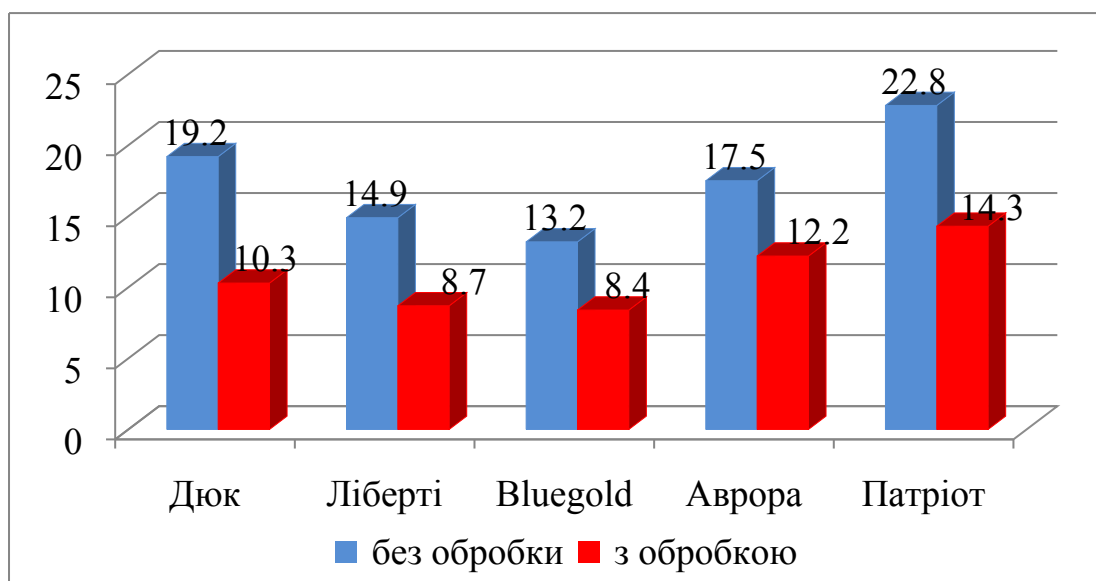


Рис. 1. Втрата маси ягід лохини за 35 діб зберігання залежно від сортових особливостей та обробки ягід розчином саліцилової кислоти та хітозану %

У контрольному варіанті зафіксовані прискорені темпи втрат масової частки розчинних сухих речовин, що негативно відображається на збереженості продукції. Розчини хітозану здатні утворювати на поверхні ягід прозорі плівки, які гальмують вільний доступ кисню, при цьому змінюється інтенсивність дихання, і, як наслідок, втрати сухих розчинних речовин (рис 2).

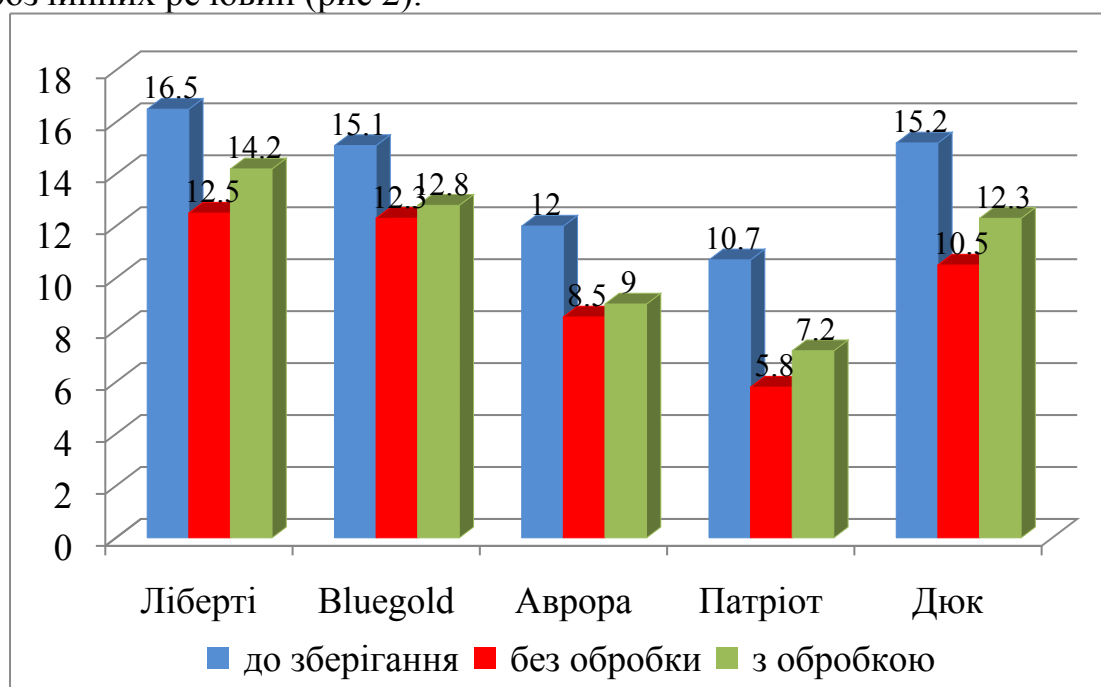


Рис. 2. Зміна вмісту сухих розчинних речовин у ягодах лохини за 35 діб зберігання, %

Максимальний вміст сухих розчинних речовин 16,5 % у ягід лохини сорту Ліберті. Під час зберігання їх вміст зменшувався до 12,5 та 14,2 % тобто на 4,0 та 2,3 % залежно від обробки ягід. Після 35 днів зберігання їх вміст перевищував вміст розчинних речовин інших ягід сортів. У ягід сортів Bluegold та Дюк вміст розчинних речовин однаковий, але під час зберігання ягід контрольного варіанта (тобто без обробки) втрачався неоднаково. У ягід сортів Bluegold на 2,8 % тоді як у Дюк – 4,7 %. Така зміна корелює з загальними втратами маси.

Науковці [29] установили аналогічну закономірність втрати маси під час зберігання суплідь шовковиці за післязбиральної обробки 0,6 % хітозаном, розчинним у 0,5 % аскорбінової кислоти. Мінімальні втрати маси суплідь шовковиці становили 2,72 %. Обробка розчином хітозану з аскорбіновою кислотою зменшувала щодобові втрати суплідь шовковиці до 0,84 %. Відносно обробки водним розчином хітозану щодобові втрати зменшилися на 6,8 %. Додавання аскорбінової кислоти пригнічувало розвиток *Botrytis cinerea* в 1,5–2,1 рази [29].

Висновки. Обробка ягід лохини розчином саліцилової кислоти та хітозану подовжує тривалість зберігання на 7 днів та зменшує втрати маси. Ягоди сорту Дюк зменшили втрату маси на 8,9 % (з 19, 2 % до 10,3 %), аналогічні результати у сорту Патріот – 8,5 % (з 22,8 до 14,3 %), інші сорти за величиною втрати маси різнились від 6,2 до 5,3 %.

Попередня обробка ягід лохини саліциловою кислотою та хітозаном сповільнила втрати сухих розчинних речовин на 2,3–3,8 % залежно від особливостей сорту, тоді як у ягід необроблених на 2,8 – 4,9 %. Найбільші втрати сухих розчинних речовин спостерігали у сорту лохини Патріот, тоді як у сорту Ліберті вони були найменші – 2,8%.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ștefănescu B. E., Szabo K., Mocan A., Crișan G. (2019). Phenolic compounds from five Ericaceae species leaves and their related bioavailability and health benefits. *Molecules*, 24(11): 2046. doi: [10.3390/molecules24112046](https://doi.org/10.3390/molecules24112046).
2. <https://east-fruit.com/uk/plodoovochovyirynok/oglyadyrnyku/svitovyy-rynok-svizhoyi-lokhyny-prohnozy-na-2025-rik-ta-pyatyrichnu-perspektyvu/>
3. AgroPortal. <https://agroportal.ua/news/yagidnictvo/ukrajina-u-top-8-svitovih-lideriv-za->
4. Ncama K., Magwaza L. S., Mditshwa A., Tesfay S. Z. (2018) Plant-based edible coatings for managing postharvest quality of fresh horticultural produce: A review. *Food Packaging and Shelf Life*. Vol. 16. P. 157–167.
5. García M. C. (2001). La agroindustria de la mora. Alternativas viables para los fruticultores. *Tecnología para el Agro*, 1(2): 15-17.

6. Fruit Growing Research, Vol. XXXIX, 2023 DOI 10.33045/fgr.v39.2023.20 <https://publications.icdp.ro/index.php156>

7. Hancock J., Callow P., Serçe S., Hanson E. & Beaudry R. (2008). Effect of cultivar, controlled atmosphere storage, and fruit ripeness on the long-term storage of highbush blueberries. HortTechnology, 18(2): 199-205. DOI: [10.21273/HORTTECH.18.2.199](https://doi.org/10.21273/HORTTECH.18.2.199)

8. Sánchez M. T., De la Haba M. J., Benítez-López M., Fernández-Navales J., Garrido-Varo A. & Pérez-Marín D. (2012). Non-destructive characterization and quality control of intact strawberries based on NIR spectral data. Journal of Food engineering, 110(1): 102-108. doi.org/10.3136/fstr.FSTR-D-22-00083

9. Nunes M. C. N., Emond J. P. & Brecht J. K. (2004). Quality curves for highbush blueberries as a function of the storage temperature. Small Fruits Review, 3(3-4): 423-440. doi.org/10.1016/j.postharvbio.2021.111590

10. Oliveira D. M., Rosa C. I. L. F., Kwiatkowski A. & Clemente E., (2013). Biodegradable coatings on the postharvest of blackberry stored under refrigeration. Revista Ciência Agronômica, 44: 302-309. doi.org/10.1590/S1806-66902013000200012

11. Habibi F., Ramezani A., Guillén F., Serrano M., Valero D. (2019). Postharvest treatments with γ -aminobutyric acid, methyl jasmonate, or methyl salicylate enhance chilling tolerance of blood orange fruit at prolonged cold storage. Sci Food Agric Vol;99(14). P 6408-6417. [doi: 10.1002/jsfa.9920](https://doi.org/10.1002/jsfa.9920).

12. Rassa M., Ghasemnezhad M., Zareh S., Sajedi R. H. (2013). Effect of chitosan coating on maintenance of aril quality, microbial population and PPO activity of pomegranate (*Punica granatum* L. Cv. Tarom) at cold storage temperature. Journal Science of Food and Agriculture. Vol. 93 (2). P. 368–374. DOI: [10.1002/jsfa.5770](https://doi.org/10.1002/jsfa.5770)

13. Pereira A.L.V. (2017). Extensão do tempo de vida útil de fruta fresca minimamente processada para aplicação em iogurte bicompartimentado. London- New York: Taylor & Francis Group. 358 P.

14. Xoca-Orozco L. A., Aguilera-Aguirre S., López-García U. M., Gutierrez- Martínez P., Chacon-Lopez A. (2018). Effect of chitosan on the in vitro control of *Colletotrichum* sp., and its influence on post-harvest quality in Hass avocado fruits. Revista Bio Ciencias. Vol. 5(1). P. 355. doi.org/10.15741/revbio.05.01.13

15. Lo'ay A. A., Mohamed A., Taher M. A. (2018). Effectiveness salicylic acid blending in chitosan/PVP biopolymer coating on antioxidant enzyme activities under low storage temperature stress of 'Banati' guava fruit. Scientia Horticulturae. Vol. 238(19). P. 343–349.

16. Shi Z., Yang H., Jiao J., Wang F., Lu Y., Deng J. (2019). Effects of graft copolymer of chitosan and salicylic acid on reducing rot of postharvest

fruit and retarding cell wall degradation in grapefruit during storage. Food Chemistry. Vol. 283. P. 92–100. DOI: [10.1016/j.foodchem.2018.12.078](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.12.078)

17. Cui K., Shu C., Zhao H., Fan X., Cao J., Jiang W. (2020). Preharvest chitosan oligochitosan and salicylic acid treatments enhance phenol metabolism and maintain the postharvest quality of apricots (*Prunus armeniaca* L.). Scientia Horticulturae. Vol.267. P. 109334. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109334>

18. María José Giménez, Juan Miguel Valverde, Daniel Valero, Fabián Guillén, Domingo Martínez-Romero, María Serrano, Salvador Castillo (2014). Quality and antioxidant properties on sweet cherries as affected by preharvest salicylic and acetylsalicylic acids treatments. Food Chemistry. Vol.160. P. 226–232. DOI: [10.1016/j.foodchem.2014.03.107](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.03.107)

19. Suriati, L. & Singapurwa, N.M.A. (2021). Application Ecogel Incorporation additive for maintain freshness of Strawberry fruit during storage. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 1098(6), 062055. doi:[10.1088/1757-899X/1098/6/062055](https://doi.org/10.1088/1757-899X/1098/6/062055).

20. Champa WAH, Gill MIS, Mahajan BVC, Arora NK (2015) Preharvest treatment with salicylic acid to improve quality and shelf life of table grapes (*Vitis vinifera* L.) cv. ‘Flame Seedless’. J Food Sci Technol 52(6):3607–3616.

21. Ezzat A, Ammar A, Szabo Z, Nyeki J, Holb I (2017) Postharvest treatment with methyl jasmonate and salicylic acid to preserve physicochemical characteristics and sensory properties of apricot fruits during cold storage and shelf life. Pol J Food Nutr Sci 67(2):159–166. doi.org/[10.1515/pjfn-2016-0013](https://doi.org/10.1515/pjfn-2016-0013)

22. Geransayeh MAHSA, Sepahvand SADEGH, Abdossi VAHID, Zarrinnia VAHID, Nezhad RA (2015) Comparative study of the effects of thymol, methyl jasmonate and salicylic acid on post-harvest life and keeping quality of strawberry fruits cv. ‘Gaviota’. J Biol Nat 2(4):127–134.

23. Liu K, Yuan C, Chen Y, Li H, Liu J (2014) Combined effects of ascorbic acid and chitosan on the keeping quality and shelf life of plums. Sci Hortic 176:45–53. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2014.06.027>

24. Saleem MS, Anjum MA, Naz S, Ali S, Hussain S, Azam M, Ejaz S (2021) Incorporation of ascorbic acid into an edible chitosan-based coating improves post-harvest quality and storage life of strawberry fruits. Int J Biol Macromole 189:160–169. DOI: [10.1016/j.ijbiomac.2021.08.051](https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2021.08.051)

25. Найченко В. М. Практикум з технології зберігання і переробки плодів та овочів з основами товарознавства: навчальний посібник. Київ: ФАДА ЛТД, 2001. 211 с.

26. ДСТУ ISO 874–2002. Фрукти та овочі свіжі. Відбирання проб [Чинний від 2003.10.01]. Київ, Держспоживстандарт України, 2003. 6 с.

27. ДСТУ 8402:2015 Продукти перероблення фруктів та овочів. Рефрактометричний метод визначання вмісту розчинних сухих речовин. ДП «УкрНДНЦ»)2017

28. Fatima F., Basit A., Ahmad A., Sajid M., Faiza A. M. A. N., Mohamed H. I. & Elhakem A., 2022. Enhancement of the fruit quality and postharvest life expectancy of mango fruit (*Mangifera indica* L.) applying ecofriendly bio-coatings. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 50(4): 12917-12917. <https://doi.org/10.15835/nbha50312917>

29. Pusik, L., Pusik, V., Bondarenko, V., Mulienok, Y., Shubenko, L., Muliarchuk, O., Cherneha, A., Novikov, V., Voitsekhivskyi, V. (2025). Determination of the effect of chitosan treatment before storage on the storage of mulberry nuts. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1/ 11 (133), 28–38. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2025.323334>

REFERENCES

1. Ștefănescu B. E., Szabo K., Mocan A., Crișan G. (2019). Phenolic compounds from five Ericaceae species leaves and their related bioavailability and health benefits. *Molecules*, 24(11): 2046.)____ doi: [10.3390/molecules24112046](https://doi.org/10.3390/molecules24112046).

2. <https://east-fruit.com/uk/plodoovochevyi-rynok/oglyadyrynku/svitovyy-rynok-svizhoyi-lokhyny-prohnozy-na-2025-rik-ta-pyatyrichnu-perspektyvu/>

3. AgroPortal. <https://agroportal.ua/news/yagidnictvo/ukrajina-u-top-8-svitovih-lideriv-za->

4. Ncama K., Magwaza L. S., Mditshwa A., Tesfay S. Z.(2018) Plant-based edible coatings for managing postharvest quality of fresh horticultural produce: A review. *Food Packaging and Shelf Life*. Vol. 16. P. 157–167.

5. García M. C. (2001). La agroindustria de la mora. Alternativas viables para los fruticultores. *Tecnología para el Agro*, 1(2): 15-17.

6. Fruit Growing Research, Vol. XXXIX, 2023 DOI [10.33045/fgr.v39.2023.20](https://doi.org/10.33045/fgr.v39.2023.20) <https://publications.icdp.ro/index.php156>

7. Hancock J., Callow P., Serçe S., Hanson E. & Beaudry R. (2008). Effect of cultivar, controlled atmosphere storage, and fruit ripeness on the long-term storage of highbush blueberries. *HortTechnology*, 18(2): 199-205. DOI: [10.21273/HORTTECH.18.2.199](https://doi.org/10.21273/HORTTECH.18.2.199)

8. Sánchez M. T., De la Haba M. J., Benítez-López M., Fernández-Novales J., Garrido-Varo A. & Pérez-Marín D. (2012). Non-destructive characterization and quality control of intact strawberries based on NIR spectral data. *Journal of Food engineering*, 110(1): 102-108. doi.org/10.3136/fstr.FSTR-D-22-00083

9. Nunes M. C. N., Emond J. P. & Brecht J. K. (2004). Quality curves for highbush blueberries as a function of the storage temperature. *Small Fruits Review*, 3(3-4): 423-440. doi.org/10.1016/j.postharvbio.2021.111590

10. Oliveira D. M., Rosa C. I. L. F., Kwiatkowski A. & Clemente E., (2013). Biodegradable coatings on the postharvest of blackberry stored under refrigeration. *Revista Ciência Agronômica*, 44: 302-309. doi.org/10.1590/S1806-66902013000200012
11. Habibi F., Ramezani A., Guillén F., Serrano M., Valero D. (2019). Postharvest treatments with γ -aminobutyric acid, methyl jasmonate, or methyl salicylate enhance chilling tolerance of blood orange fruit at prolonged cold storage. *Sci Food Agric Vol*;99(14). P 6408-6417. [doi: 10.1002/jsfa.9920](https://doi.org/10.1002/jsfa.9920).
12. Rassa M., Ghasemnezhad M., Zareh S., Sajedi R. H. (2013). Effect of chitosan coating on maintenance of aril quality, microbial population and PPO activity of pomegranate (*Punica granatum* L. Cv. Tarom) at cold storage temperature. *Journal Science of Food and Agriculture*. Vol. 93 (2). P. 368–374. DOI: [10.1002/jsfa.5770](https://doi.org/10.1002/jsfa.5770)
13. Pereira A.L.V. (2017). Extensão do tempo de vida útil de fruta fresca minimamente processada para aplicação em iogurte bicompartimentado. London- New York: Taylor & Francis Group. 358 P.
14. Xoca-Orozco L. A., Aguilera-Aguirre S., López-García U. M., Gutierrez- Martínez P., Chacon-Lopez A. (2018). Effect of chitosan on the in vitro control of *Colletotrichum* sp., and its influence on post-harvest quality in Hass avocado fruits. *Revista Bio Ciencias*. Vol. 5(1). P. 355. doi.org/10.15741/revbio.05.01.13
15. Lo'ay A. A., Mohamed A., Taher M. A. (2018). Effectiveness salicylic acid blending in chitosan/PVP biopolymer coating on antioxidant enzyme activities under low storage temperature stress of 'Banati' guava fruit. *Scientia Horticulturae*. Vol. 238(19). P. 343–349.
16. Shi Z., Yang H., Jiao J., Wang F., Lu Y., Deng J. (2019). Effects of graft copolymer of chitosan and salicylic acid on reducing rot of postharvest fruit and retarding cell wall degradation in grapefruit during storage. *Food Chemistry*. Vol. 283. P. 92–100. DOI: [10.1016/j.foodchem.2018.12.078](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.12.078)
17. Cui K., Shu C., Zhao H., Fan X., Cao J., Jiang W. (2020). Preharvest chitosan oligochitosan and salicylic acid treatments enhance phenol metabolism and maintain the postharvest quality of apricots (*Prunus armeniaca* L.). *Scientia Horticulturae*. Vol.267. P. 109334. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109334>
18. María José Giménez, Juan Miguel Valverde, Daniel Valero, Fabián Guillén, Domingo Martínez-Romero, María Serrano, Salvador Castillo (2014). Quality and antioxidant properties on sweet cherries as affected by preharvest salicylic and acetylsalicylic acids treatments. *Food Chemistry*. Vol.160. P. 226–232. DOI: [10.1016/j.foodchem.2014.03.107](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.03.107)
19. Suriati, L. & Singapurwa, N.M.A. (2021). Application Ecogel Incorporation additive for maintain freshness of Strawberry fruit during

storage. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 1098(6), 062055. doi:10.1088/1757-899X/1098/6/062055.

20. Champa WAH, Gill MIS, Mahajan BVC, Arora NK (2015) Preharvest treatment with salicylic acid to improve quality and shelf life of table grapes (*Vitis vinifera* L.) cv. 'Flame Seedless'. J Food Sci Technol 52(6):3607–3616.

21. Ezzat A, Ammar A, Szabo Z, Nyeki J, Holb I (2017) Postharvest treatment with methyl jasmonate and salicylic acid to preserve physicochemical characteristics and sensory properties of apricot fruits during cold storage and shelf life. Pol J Food Nutr Sci 67(2):159–166. doi.org/10.1515/pjfn-2016-0013

22. Geransayeh MAHSA, Sepahvand SADEGH, Abdossi VAHID, Zarrinnia VAHID, Nezhad RA (2015) Comparative study of the effects of thymol, methyl jasmonate and salicylic acid on post-harvest life and keeping quality of strawberry fruits cv. 'Gaviota'. J Biol Nat 2(4):127–134.

23. Liu K, Yuan C, Chen Y, Li H, Liu J (2014) Combined effects of ascorbic acid and chitosan on the keeping quality and shelf life of plums. Sci Hortic 176:45–53. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2014.06.027>

24. Saleem MS, Anjum MA, Naz S, Ali S, Hussain S, Azam M, Ejaz S (2021) Incorporation of ascorbic acid into an edible chitosan-based coating improves post-harvest quality and storage life of strawberry fruits. Int J Biol Macromole 189:160–169. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2021.08.051

25. Naychenko V. M. Praktykum z tekhnolohiyi zberihannya i pererobky plodiv ta ovochiv z osnovamy tovaroznavstva: navchal'nyy posibnyk. Kyiv: FADA LTD, 2001. 211 s.

26. DSTU ISO 874–2002. Frukty ta ovochi svizhi. Vidbyrannya prob [Chynnyy vid 2003.10.01]. Kyiv, Derzhspozhyvstandart Ukrayiny, 2003. 6 s.

27. DSTU 8402:2015 Produkty pereroblennya fruktiv ta ovochiv. Refraktometrychnyy metod vyznachannya vmistu rozchynnykh sukhykh rehovyn. DP «UkrNDNTS»)201

28. Fatima F., Basit A., Ahmad A., Sajid M., Faiza A. M. A. N., Mohamed H. I. & Elhakem A., 2022. Enhancement of the fruit quality and postharvest life expectancy of mango fruit (*Mangifera indica* L.) applying ecofriendly bio-coatings. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca, 50(4): 12917-12917. <https://doi.org/10.15835/nbha50312917>

29. Pusik, L., Pusik, V., Bondarenko, V., Mulienok, Y., Shubenko, L., Muliarchuk, O., Cherneha, A., Novikov, V., Voitsekhivskyi, V. (2025). Determination of the effect of chitosan treatment before storage on the storage of mulberry nuts. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 1/ 11 (133), 28–38. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2025.323334>

L. Pusik, Doctor of Agricultural Sciences, Professor

V. Pusik, Doctor of Agricultural Sciences, Professor

O. Ivakin, Candidate of Agricultural Sciences, Docent
State Biotechnological University, Ukraine

Study of the influence of post-harvest treatment with salicylic acid and chitosan on the storage of blueberries

Formulation of the problem Preservation of the quality of berry raw materials is becoming relevant due to the value of berries as a food product for dessert and technological purposes in the processing industry.

To reduce berry losses throughout the entire logistics chain "harvest - post-harvest processing of berry raw materials - transportation - storage - sale", it is necessary to slow down the evaporation of water from the fruits, prevent possible physiological damage and microbiological spoilage of products. For this purpose, pre-treatment of berries before storage with preparations that have antibacterial properties is used. A new technology for post-harvest processing of fruit and berry products with edible coatings is being introduced.

Methods of post-harvest processing of fruit and berry products are being searched for, which inhibit physiological processes during storage and extend the duration of storage. Storing berries with minimal weight loss and without deterioration in quality is a pressing issue.

Purpose. The conducted research aimed to study the effect of pre-treatment of blueberries with a solution of salicylic acid and chitosan on their preservation. To achieve this goal, it was necessary to solve the following tasks: to determine the natural weight loss of blueberries during storage; to establish the change in dry soluble substances of blueberries, taking into account weight loss during their treatment with a solution of salicylic acid and chitosan.

The object of the study is the technology of pre-treatment of blueberries with the use of salicylic acid and chitosan.

The subject of the study is blueberries and a solution of salicylic acid and chitosan.

Conclusions. Treatment of berries with a solution of salicylic acid and chitosan extends the storage time by 7 days and reduces weight loss. Berries of the Duke variety reduced weight loss by 8.9% (from 19.2% to 10.3%), similar results were obtained for the Patriot variety – 8.5% (from 22.8% to 14.3%), other varieties varied in weight loss from 6.2 to 5.3%. Pretreatment of blueberries with salicylic acid and chitosan slowed down the loss of dry soluble substances by 2.3–3.8% depending on the characteristics of the variety, while in untreated berries by 2.8–4.9%. The greatest loss of dry soluble substances was observed in the Patriot blueberry variety, while in the Liberty variety they were the smallest – 2.8%

Keywords: postharvest treatment, salicylic acid, chitosan, edible coatings, weight loss.

Наукове видання

**РОСЛИННИЦТВО, СЕЛЕКЦІЯ
І НАСІННИЦТВО, ПЛОДООВОЧІВНИЦТВО**

Журнал

Видається з 1997 року

Відповідальний за випуск

А.О. Рожков

Комп'ютерна верстка

З.О. Дегтярьова

Підп. до друку 01.12.2025 р. Формат 60x84 1/16. Папір офсет.
Ум. друк. арк. 7,5. Тираж 100 прим.

Державний біотехнологічний університет
вул. Алчевських, 44, Харків, 61002