



ISSN 2413-7642

1'2025

**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. 1

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 № 5 від 30.10.25 р.

**РОСЛИННИЦТВО, СЕЛЕКЦІЯ І НАСІННИЦТВО,
ПЛОДООВОЧІВНИЦТВО** : журнал / [Редкол.: А. О. Рожков (головний
ред.) та ін.]. – Харків: ДБТУ, 2025. – Вип. 2025-1. – 168 с.

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

©Державний біотехнологічний
університет, 2025

Редакційна колегія:

Головний редактор *A.O. Рожков (Україна)*

Заступник головного редактора *O.B. Романов (Україна)*

Відповідальний секретар редколегії *H.O. Дідух (Україна)*

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

Члени редакційної колегії:

A. Дуарте (Португалія), M.A. Бобро (Україна), H.I. Васько (Україна), T.I. Гонцій (Україна), Л.В. Герман (Україна), B.B. Дегтярьов (Україна), T.B. Івченко (Україна), B.B. Кириченко (Україна), B.M. Костромітін (Україна), O.B. Куц (Україна), C.B. Лиманська (Україна), A.B. Мельник (Україна), C.П. Полторецький (Україна), B.M. Попов (Україна), C.I. Попов (Україна), P.B. Рожков (Україна), T.A. Романова (Україна), B.П. Туренко (Україна), B.I. Філон (Україна), O.M. Шабетя (Україна), M.B. 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 *N.O. Didukh (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. Yarovyj (Ukraine)

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

Тел.: (097)-463-65-29. E-mail: natasha_didukh@ukr.net

Address of Editorial Office: 62483, Ukraine, Kharkiv, p/o Dokuchaevske-2, DBTU, office 2-326. Tel. (097)-463-65-29. E-mail: natasha_didukh@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. plodoovočivn.*

З М І С Т

О. М. Бєлашов, А.О. Рожков	Вплив різних варіантів сполучення способу сівби з нормою висіву насіння на врожайність зерна тритикале озимого	6
Л.М. Поташова	Вплив строків сівби на формування врожайності сортів квасолі у Східному Лісостепу України	24
А.О. Рожков, О.О. Лошак, Є.М. Огурцов, В.Г. Міхєєв	Вплив строків сівби та передпосівної обробки насіння на польову схожість і врожайність рослин сої сортів різного вегетаційного періоду	41
С.В. Скоромний, О.В. Куц	Вплив органічного добрива «Біо-Гель» на посухостійкість проростків пшениці озимої	55
В.Т. Роєнко, А.О. Рожков	Динаміка формування листової поверхні рослин соняшника за впливу стимуляторів росту та комплексних водорозчинних добрив	64
А.Д. Щербак, О.І. Поляков, О.В. Нікітенко	Зміна показників продуктивності соняшнику залежно від мінеральних добрив і регуляторів росту	83
М.В. Гурін, О.В. Солдатенко, Є.О. Духін, О.В. Куц, О.В. Романов	Вплив біологізованої системи удобрення на врожайність і вихід маточників буряку столового	102
В.Ю. Будьонний, М.В. Швиденко	Вплив способів основного обробітку ґрунту на врожайність сафлору красильного в умовах посухи Лісостепової зони Харківської області	121
В.В. Антоненко	Селекційне поліпшення амаранту	134
Л.М. Пузік, В.К. Пузік	Міжнародний досвід скорочення втрат плодоовочевої продукції	155

C O N T E N T S

<i>O. Belashov, A. Rozhkov</i>	The effect of different combinations of sowing methods and seed sowing rates on the yield of winter triticale	6
<i>L. Potashova</i>	Influence of sowing dates on yield formation of bean varieties in the eastern forest-steppe of Ukraine	24
<i>A. Rozhkov, A. Loshak, Ye. Ogurtsov, V. Mikheev</i>	The effect of sowing times and pre-sowing seed treatment on field germination and yield of soybean varieties with different vegetation periods	41
<i>S. Skoromny, O. Kuts</i>	Influence of organic fertilizer "BIO-GEL" on drought resistance of seedlings of winter wheat	55
<i>V. Roenko, A. Rozhkov</i>	Dynamics of leaf surface formation in sunflower plants under the influence of growth stimulants and complex water-soluble fertilizers	64
<i>A. Shcherbak, O. Polyakov, O. Nikitenko</i>	Change in sunflower productivity indicators depending on mineral fertilizers and growth regulators	83
<i>M. Gurin, O. Soldatenko, E. Dukhin, O. Kuts, O. Romanov</i>	Influence of a biologized fertilization system on the yield and output of mother roots of beetroot	102
<i>V. Budyonny, M. Shvydenko</i>	Influence of main soil tillage methods on safflower yield in drought conditions of the forest-step zone of Kharkiv region	121
<i>V. Antonenko</i>	Breeding improvement of amaranth	134
<i>L. Pusik, V. Pusik</i>	International experience in reducing losses of fruit and vegetable products	155

РОСЛИННИЦТВО

УДК 633.112.9«324»:631.5

DOI 10.5281/zenodo.18492086

О.М. Бєлашов, аспірант кафедри рослинництва

А.О. Рожков, доктор с.-г. наук, професор

Державний біотехнологічний університет, Харків, Україна

ВПЛИВ РІЗНИХ ВАРІАНТІВ СПОЛУЧЕННЯ СПОСОБУ СІВБИ З НОРМОЮ ВИСІВУ НАСІННЯ НА ВРОЖАЙНІСТЬ ЗЕРНА ТРИТИКАЛЕ ОЗИМОГО

Висвітлено результати чотирирічних досліджень щодо впливу способів сівби у сполученні з нормою висіву насіння на рівень зернової продуктивності посівів тритикале озимого сорту Шаланда.

На досліджуваних варіантах способу сівби найвищу врожайність зерна тритикале озимого отримано за різних норм висіву насіння. Смуговий спосіб за рівнем урожайності зерна показав кращий результат за всіх норм висіву насіння в усі роки. Найвищу врожайність зерна тритикале за цього способу сівби отримано на варіантах із нормою висіву насіння 550 шт./м² – 6,64 т/га. Проте, статистичний аналіз отриманих результатів з використанням рангового критерію не виявив істотної різниці між варіантами з нормами висіву насіння 550 і 500 шт./м². Аналогічна тенденція відмічена в усі роки, а саме – урожайність зерна істотно зростала з підвищенням норми висіву насіння від 450 до 500 шт./м², подальше ж підвищення норми висіву насіння не забезпечило істотного її збільшення. Зокрема, за умови підвищення норми висіву насіння від 500 до 550 шт./м², урожайність зерна в 2018, 2019, 2020 і 2025 рр. на варіантах смугового способу зростала на 0,09, 0,25, 0,07 і 0,09 т/га за НР₀₅ часткових порівнянь фактора *B* – 0,21, 0,27, 0,15 і 0,24 т/га відповідно. Таким чином, за смугового способу сівби, з точки зору врожайності зерна, оптимальною є норма висіву насіння – 500 шт./м².

На вузькорядних посівах найвища врожайність зерна тритикале в середньому за роками формувалася за норми висіву насіння 450 шт./м² – 5,73 т/га. Вона істотно перевищувала варіанти з меншою нормою висіву і, за проведеним статистичним аналізом з використанням рангового критерію Дункана, істотно не відрізнялася від варіантів з нормами висіву насіння 500 і 550 шт./м². За роками досліджень на варіантах вузькорядної сівби, з точки зору врожайності зерна оптимальною також була норма висіву 450 нас./га. За цієї норми висіву вона була істотно вищою, ніж за менших норм висіву і статистично не відрізнялася від варіантів із більшими нормами висіву. Таким чином, у сполученні з вузькорядним способом сівби, з точки зору врожайності зерна, кращою є норма висіву насіння – 450 шт./м².

Рядковий спосіб сівби за врожайністю зерна показав найгірший результат. Найвищу врожайність зерна у середньому за роками за рядкової сівби отримано на варіанті з нормою висіву насіння 450 шт./м² – 5,25 т/га. Разом з цим, вона не істотно перевищувала врожайність зерна у варіанті з нормою висіву 400 нас./м² (5,16 т/га). Ці показники, як і врожайність у варіанті з нормою висіву 500 нас./м², відносилися до однієї рангової групи. Тож, з точки зору врожайності зерна, кращим на рядкових посівах був варіант з нормою висіву насіння 400 шт./м².

Ключові слова: тритикале озиме, сорт, спосіб сівби, норма висіву насіння, урожайність зерна, елементи продуктивності.

Постановка проблеми. Впродовж останніх десятиріч у світі відмічається стійка позитивна тенденція розширення посівних площ нової зернової культури – тритикале. Зараз його вирощують більш ніж у 30 країнах світу в Азії, Африці, Америці й Австралії, однак основне виробництво сконцентровано в країнах ЄС – понад 80 % [1]. Саме тут отримують найвищі рівні врожайності зерна цієї культури. Зокрема, за даними ФАО, в більшості років середня врожайність зерна тритикале у Бельгії перевищує 7,0 т/га, Швейцарії, Нідерландах і Німеччині – понад 6,0 т/га, Австрії, Данії, Франції – понад 5,0 т/га [2].

Незважаючи на те, що тритикале вирощується достатньо давно, в Україні посівні площі цієї культури тривалий час були невеликими і її розглядали здебільшого як нішеву культуру. Ситуація кардинально змінилася після 2010 р. коли почали стрімко зростати посівні площі під тритикале насамперед озимої форми, відмічалось розширення ареалу вирощування цієї культури на більш посушливі – степові райони України. До початку бойових дій у 2022 р., в Україні відмічалася позитивна тенденція розширення посівних площ під цією культурою до 250 тис. га, з яких біля 200 тис. га – займало тритикале озиме.

Зростання інтересу до вирощування тритикале значною мірою пов'язане з досягненнями в селекційному процесі, а саме – створенням високоврожайних сортів і гібридів з широким спектром використання. Диверсифікація використання продукції тритикале також слугувала імпульсом зростання інтересу до виробництва цієї культури [3].

Дослідженнями встановлена можливість використання зерна та біомаси тритикале для виробництва біопалива. У цьому відношенні воно розглядається як одна з найбільш перспективних культур. Наразі селекціонерами створюються нові сорти тритикале з підвищеним рівнем ферментабельності, високим умістом крохмалю в зерні та високою ефективністю його трансформації в біоетанол, у результаті чого з 1 т зерна отримують 450 літрів дизелю рослинного походження [1].

Іншим фактором поступового збільшення посівних площ і зростання інтересу до тритикале озимого є його вища ніж у пшениці озимої адаптивність до умов вирощування, а саме – менша вибагливість до ґрунтів, вища зимостійкість і посухостійкість [4–7]. Однак порівняно з іншими озимими колосовими культурами тритикале менш вивчене насамперед у регіонах з менш сприятливими погодними умовами.

У зв'язку з цим, актуальною є потреба дослідження можливості реалізації генетичного потенціалу та адаптивних властивостей цієї культури зал різних варіантів елементів технології вирощування. У

цьому відношенні особливо важливим є питання оптимальних показників площі живлення рослин і її форми які визначаються сполученням способу сівби з нормою висіву насіння. На відміну від системи живлення та захисту посівів, ці елементи не мають побічної дії на навколишнє середовище, їх коригування не передбачає значних економічних витрат, при цьому їх часта у рівні врожайності зерна достатньо висока. Крім того, саме від них значною мірою залежить ефективність інших елементів агротехніки, фіто-санітарний стан посівів, рівень використання елементів живлення з добрив й ін.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Відомо, що норми висіву є одним з основних факторів формування високопродуктивних посівів зернових культур, у тому числі тритикале. Надмірне загущення знижує його екологічну стійкість, призводить до вилягання, ураження збудниками хвороб, зрідження посівів і зниження врожайності зерна. За низьких норм висіву насіння, зростає загроза заростання посівів бур'янами, непродуктивно використовується наявний ресурсний потенціал через що врожайність зерна також знижується [9, 10].

Поряд з озерненістю і масою зерна з колоса, ключовими елементами продуктивності колосових культур є кількість рослин і продуктивних стебел перед збиранням, які напряму залежать від норми висіву насіння. З її підвищенням до певної межі, густота рослин зростає, після ж досягнення пікового значення, підвищення норми висіву насіння вже не забезпечує подальшого збільшення густоти рослин через загострення конкуренції і їх випадіння [11, 12].

Вибір норми висіву насіння залежить від низки факторів, зокрема – від гормонального типу сорту, режиму вологозабезпечення, родючості ґрунту, строків сівби, способу сівби й ін. У більш посушливих умовах вирощування, на низьких агрофонах, за оптимальних і ранніх строків сівби, при розширенні міжрядь, за неглибокого загортання насіння (на 2–3 см) норми висіву рекомендують зменшувати на 10–20 %. І навпаки, – у районах із більшою кількістю опадів, на добре удобрених фонах, за більш рівномірного розподілу насіння по площі живлення, при пізніх строках сівби і глибокого загортання насіння – норми висіву насіння колосових культур рекомендують підвищувати на 10–20 % [13, 14].

Поряд з нормою висіву насіння рівень конкурентних відношень у посівах сільськогосподарських культур формує спосіб сівби, оскільки саме від нього залежить якою буде форма площі живлення за однакової густоти. В ідеалі форма площі живлення рослин має наближатися до квадратної. У цьому разі рослини менше тиснуть одна на одну та більш повно використовують відведену площу живлення [15, 16].

На практиці найпоширенішим способом сівби колосових культур залишається рядковий спосіб з міжряддями 15 см. Також практикують вузькорядний, перехресний, стрічковий, розкидний й ін. способи сівби,

які відрізняються один від одного рівномірністю розподілення насіння по площі живлення [17]. Важливою умовою ефективності застосування того чи іншого способу сівби є сівба насіння на одну глибину, а також створення ущільненого ложе на якому розміщується насіння [18].

З агротехнічних вимог відомо, що відстань між суміжними рослинами в рядку повинна становити 3–4 см, що дає змогу приймати участь у живленні рослин усій площі поля. Цим вимогам відповідає розкидний спосіб сівби, однак він не дає змоги висіяти насіння на одну глибину. У цьому відношенні більш прогресивним вважають суцільний спосіб сівби анкерними сошниками, який у цілому дозволяє рівномірно розподілити насіння по глибині загортання [19].

Відносно впливу норми висіву насіння та способу сівби на формування продуктивності пшениці та ячменю отримано велику кількість матеріалів у різних ґрунтово-кліматичних районах України, проте щодо тритикале озимого досліджень проведено дуже мало і на їх базі не можна робити рекомендації щодо способу сівби і тим більше – норм висіву насіння. Проводилися лише одиночні досліді в яких окремо вивчалися способи сівби або норми висіву насіння. При цьому досвід показує, що ці елементи технології слід вивчати одночасно оскільки вони достатньо сильно залежать один від одного.

Актуальність досліджень щодо оптимальних варіантів сполучення способу сівби з нормою висіву насіння також пов'язана з поширенням у виробництво нових сортів тритикале озимого, які характеризуються специфічним морфо-біотипом тож, можуть відрізнятися вимогами до норми висіву насіння та способу сівби.

Матеріали та методи досліджень. Дослідження проводили в 2017–2020, 2024–2025 рр. на базі ПСП «Імені Шевченка», розташованого на території Великобурлуцького району Харківської області. Технологія вирощування тритикале озимого за виключенням досліджуваних питань, була типовою для району досліджень.

Для проведення досліджень було обрано середньостиглий сорт тритикале озимого – Шаланда. Оригігатор сорту – Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААНУ. На початок проведення досліджень це був новий перспективний сорт внесений у Державний Реєстр сортів у 2014 р., проте і зараз він не втратив популярності, успішно конкурує з іншими сортами і залишається в Державному Реєстрі.

Для вирішення поставлених завдань закладали двохфакторний польовий дослід методом розщеплених ділянок у трьох повтореннях. Ділянками першого порядку виступали три способи сівби (фактор А): 1 – рядковий з міжряддям 15 см; 2 – вузькорядний з міжряддям 7,5 см; 3 – смуговий з шириною смуг 15 см і відстанню між смугами 15 см. Ділянками другого порядку виступали п'ять норм висіву насіння

(фактор B): 350 шт./м², 400, 450, 500 і 550 шт./м². Кількість варіантів у досліді – 15 шт., посівних і облікових ділянок, з урахуванням триразової повторності дослідів на площі – 45 шт.

Лінійні розміри посівної ділянки другого порядку на варіантах з різними способами сівби відрізнялися оскільки різною була ширина сівалок. Анкерна сівалка для смугової сівби – OvTeck 2,5 Агромаш-Калина має робочу ширину захвата 250 см, тоді як рядкова і вузькорядна сівалки – 300 см (для зручності, на два крайні сошники цих сівалок з обох боків ставили заглушки тож робоча ширини була не 360, а 300 см). Довжина посівної ділянки другого порядку становила 40 м. Тож, площа посівної ділянки другого порядку на варіантах рядкового і вузькорядного способу становила 120 м², а на варіантах смугового способу – 100 м². При цьому, площа облікової ділянки в обох дослідів становила 75 м² (3 м × 25 м – на варіантах рядкового та вузькорядного способів сівби і 2,5 × 30 м – смугового способу сівби).

Погодні умови у роки досліджень, як за температурним режимом, так і за кількістю опадів відрізнялися і від показників кліматичної норми і між собою. Загальним було те, що температурні показники більшості місяців були дещо вищими, а кількість опадів дещо меншою порівняно з показниками кліматичної норми. Разом з тим, враховуючи тенденцію глобального потепління і зменшення кількості опадів, такі умови можна вже вважати нормою для району проведення досліджень. Контрастність погодних умов між собою в роки досліджень дозволила більш повноцінно порівняти між собою варіанти досліджуваних факторів і об'єктивно обрати кращі з них, які показують вищий результат за різних погодних умов вегетації посівів.

Закладання дослідів та визначення показників урожайності зерна тритикале озимого, проводили за загально-прийнятими методиками [20]. Дисперсійний аналіз виконували в програмному пакеті Microsoft Excel на базі загальноприйнятих методик [21].

Результати досліджень та обговорення. Одним з головних факторів формування високопродуктивних посівів зернових культур, у тому числі тритикале озимого, є площа живлення і її форма, які визначаються сполученням способу сівби з нормою висіву насіння [17]. На здавалося б простоту – з одного боку, та достатню вивченість цих елементів технології вирощування – з іншого, часто саме прорахунки в питаннях вибору норми висіву та способу сівби призводять до зниження врожайності зерна колосових культур.

Оскільки для тритикале озимого рекомендації щодо технології вирощування є «великим дефіцитом», агрономи часто беруть за основу рекомендації розраховані на вирощування пшениці озимої, помилково вважаючи, що вони повністю підходять і для тритикале. Як наслідок, до ряду факторів що обмежують урожайність зерна, додається спосіб сівби та норма висіву насіння [22].

Насправді, питання оптимізації норми висіву насіння та способу сівби навіть для пшениці озимої залишається відкритим і досі. Навпаки, до них зараз ще більше питань, що зумовлено рядом факторів, а саме – кліматичними змінами, поширенням у виробництво сучасних сортів які мають різний гормональний тип росту та розвитку, появою нових технологічних рішень й ін. Тож, на здавалося б просте питання, – яка норма висіву насіння для колосових культур, у тому числі тритикале озимого є оптимальною?, однозначної відповіді не має і сьогодні.

Якщо стосовно способу сівби все достатньо просто – кращим є такий спосіб за якого рослини розміщені одна від одної на одній відстані і мають форму площі живлення наближену до квадратної, то відносно норми висіву все складніше. При її виборі слід враховувати велику кількість факторів у тому числі і спосіб сівби. Складність визначення оптимальної норми висіву також полягає в тому, що вона, на відміну від інших технологічних факторів, діє на елементи продуктивності по-різному, а саме – густоту стеблостою до певної межі підвищує, тоді як елементи продуктивності рослини – знижує. Тож потрібно знайти норму висіву за якої, у конкретних умовах вирощування, врожайність зерна сягатиме вищих показників.

І способи сівби і норми висіву насіння істотно впливали на врожайність зерна досліджуваного сорту тритикале озимого. У середньому за роками та способами сівби врожайність зерна найвищою була за норми висіву насіння 500 шт./м² – 5,88 т/га (табл. 1). Підвищення норми висіву насіння до 550 шт./м², через помітне «просідання» індивідуальної продуктивності рослин, не забезпечувало подальшого росту врожайності зерна. Не відмічено навіть тенденції до цього.

1. Урожайність зерна посівів тритикале озимого сорту Шаланда за різних варіантів поєднання способу сівби з нормою висіву, т/га (середнє за 2018–2020, 2025 рр.)

Норма висіву насіння, шт./м ² (фактор <i>B</i>)	Спосіб сівби (фактор <i>A</i>)						Середнє	
	Рядковий (контроль)		Вузькорядний		Смуговий			
	У*	РГ	У	РГ	У	РГ	У	РГ
350	5,03	I	5,34	I	5,42	I	5,26	I
400	5,16	II	5,40	I	5,59	II	5,38	I
450 (<i>κ</i>)	5,25	II	5,73	II	6,10	III	5,69	II
500	5,26	II	5,86	II	6,52	IV	5,88	III
550	5,13	I	5,86	II	6,64	IV	5,88	III
Середнє	5,17	I	5,64	II	6,05	III	5,62	

Примітка: * – показники: У – урожайність зерна; РГ – рангова група показників за проведеним статистичним аналізом з використанням критерію Дункана (в якості повторень брали роки).

Аналіз урожайності зерна за впливу норми висіву на варіантах з різними способами сівби показав різні закономірності. Зокрема, на рядкових посівах найвища врожайність зерна в середньому за роками формувалася за норми висіву 450 нас./м². При цьому, вона не істотно перевищувала варіант з нормою висіву 400 нас./м². Ці показники, як і врожайність у варіанті з нормою висіву 500 нас./м², відносилися до однієї рангової групи. Тож, з точки зору врожайності зерна, кращим на рядкових посівах був варіант з нормою висіву 400 нас./м². У цьому варіанті врожайність у середньому за чотири роки становила 5,16 т/га. Подальше підвищення норми висіву насіння, не забезпечувало істотного приросту врожайності, при цьому витрати на вирощування зростали.

Перевага норми висіву насіння 400 шт./м² на варіантах рядкового способу сівби за врожайністю зерна відмічена в усі роки досліджень за виключенням сприятливого 2019 р. У цьому році вона була найвищою у варіанті з нормою висіву насіння 500 шт./м² – 6,18 т/га (табл. 2). Разом з тим, за проведенням статистичним аналізом вона статистично не відрізнялася від урожайності отриманій за норми висіву 450 нас./м². Різниця між цими варіантами становила 0,18 т/га за НІР₀₅ – 0,26 т/га. Отже, у 2019 р. на варіантах рядкового способу сівби, з агрономічної точки зору кращою була норма висіву насіння 450 шт./м².

Зовсім інші закономірності впливу норми висіву насіння відмічені на варіантах смугового способу сівби. У середньому за чотири роки найвища врожайність зерна за цього способу формувалася у варіанті з нормою висіву 550 нас./м² – 6,64 т/га (див. табл. 1). Однак, за проведенням статистичним аналізом з використанням рангового критерію Дункана, вона не відрізнялася від варіанта з нормою висіву насіння 500 шт./м².

Аналогічна закономірність відмічена в усі роки, а саме – з підвищенням норми висіву насіння від 450 до 500 шт./м² урожайність зерна тритикале озимого на варіантах смугового способу сівби істотно зростала, при цьому за подальшого її підвищення істотного приросту врожайності вже не було. Так, за умови підвищення норми висіву насіння від 500 до 550 шт./м² урожайність зерна в 2018, 2019, 2020 і 2025 рр. на варіантах смугового способу сівби зростала на 0,09, 0,25, 0,07 і 0,09 т/га за НІР₀₅ часткових порівнянь фактора *B* – 0,21, 0,27, 0,15 і 0,24 т/га відповідно. Отже, на смугових посівах в усі роки, з точки зору врожайності зерна, оптимальною була норма висіву насіння 500 шт./м².

На варіантах вузькорядної сівби найвища врожайність зерна в середньому за чотири роки формувалася за норми висіву 450 нас./м² – 5,73 т/га. Вона істотно перевищувала варіанти з меншою нормою висіву і, за проведенням статистичним аналізом з використанням рангового критерію Дункана, істотно не відрізнялася від варіантів з нормами висіву насіння 500 і 550 шт./м². Ці показники (5,73 і 5,86 т/га)

формували одну статистично рівну рангову групу. За роками досліджень на варіантах вузькорядного способу сівби, з точки зору врожайності зерна оптимальною також була норма висіву насіння 450 шт./га. За цієї норми висіву вона істотно перевищувала врожайність за менших норм висіву і статистично не відрізнялася від варіантів із більшими нормами висіву. Таким чином, у сполученні з вузькорядним способом сівби, з точки зору врожайності зерна, кращою була норма висіву насіння – 450 шт./м².

2. Урожайність зерна тритикале озимого сорту Шаланда за різних варіантів поєднання способу сівби і норми висіву насіння, т/га

Спосіб сівби (фактор <i>A</i>)	Норма висіву насіння, шт./м ² (фактор <i>B</i>)	Рік							
		2018		2019		2020		2025	
		У**	П	У	П	У	П	У	П
1* (контроль)	350	4,40	- 0,15	5,51	- 0,49	4,76	- 0,26	5,06	- 0,35
	400	4,53	- 0,02	5,82	- 0,18	4,93	- 0,09	5,37	- 0,04
	450 (к)	4,55	–	6,00	–	5,02	–	5,41	–
	500	4,42	- 0,11	6,18	+0,18	4,96	- 0,06	5,49	+0,08
	550	4,27	- 0,28	6,12	+0,12	4,82	- 0,20	5,32	- 0,09
2	350	4,53	- 0,02	6,28	+0,28	4,86	- 0,16	5,37	- 0,04
	400	4,85	+0,30	6,10	+0,10	5,02	–	5,61	+0,20
	450 (к)	5,13	+0,58	6,45	+0,45	5,35	+0,33	5,98	+0,57
	500	5,19	+0,64	6,68	+0,68	5,44	+0,42	6,13	+0,72
	550	5,10	+0,55	6,70	+0,70	5,42	+0,40	6,20	+0,79
3	350	4,55	–	6,09	+1,09	4,90	- 0,12	5,12	- 0,29
	400	5,02	+0,47	6,37	+0,37	5,21	+0,19	5,75	+0,34
	450 (к)	5,38	+0,83	6,98	+0,98	5,58	+0,56	6,46	+0,05
	500	5,78	+1,23	7,36	+1,36	6,05	+1,03	6,87	+1,46
	550	5,86	+1,31	7,61	+1,61	6,12	+1,10	6,96	+1,55
Середнє за фактором <i>A</i>	1 (к)	4,43	–	5,93	–	4,90	–	5,33	–
	2	4,96	+0,53	6,44	+0,51	5,22	+0,30	5,86	+0,53
	3	5,32	+0,89	6,88	+1,15	5,57	+0,59	6,23	+0,90
Середнє за фактором <i>B</i>	350	4,49	- 0,53	5,96	- 0,52	4,84	- 0,48	5,18	- 0,77
	400	4,80	- 0,22	6,10	- 0,38	5,05	- 0,27	5,58	- 0,37
	450 (к)	5,02	–	6,48	–	5,32	–	5,95	–
	500	5,13	+0,11	6,74	+0,26	5,48	+0,16	6,16	+0,21
	550	5,08	+0,06	6,81	+0,33	5,45	+0,13	6,16	+0,21
Середнє по досліді		4,90		6,42		5,28		5,81	
НІР ₀₅ головного еф. <i>C</i>		0,16		0,24		0,12		0,19	
НІР ₀₅ головного еф. <i>D</i>		0,18		0,26		0,12		0,22	
НІР ₀₅ часткових пор. <i>C</i>		0,18		0,27		0,14		0,21	
НІР ₀₅ часткових пор. <i>D</i>		0,21		0,27		0,15		0,24	

Примітка: * – спосіб сівби: 1 – рядковий; 2 – вузькорядний; 3 – смуговий з шириною смуги 15 см і відстанню між смугами 10 см. ** – скорочення: У – урожайність; П – приріст порівняно з контролем досліді – рядковий спосіб сівби, норма висіву насіння – 450 шт./м².

Аналіз головного ефекту способу сівби показав значну перевагу смугового способу в усі роки. У середньому за роками та нормами висіву, врожайність зерна за цього способу була на 0,88 і 0,41 т/га вищою, ніж за рядкового і вузькорядного. При цьому, перевага смугового способу сівби наростала по мірі підвищення норми висіву.

Аналіз зв'язків норми висіву з урожайністю зерна, елементами продуктивності і біометричними показниками виявив значні розбіжності між рядковим і смуговим способами сівби. Наприклад, на варіантах смугового способу сівби відмічено тісний прямий зв'язок норми висіву насіння з урожайністю зерна – $r = 0,98$, тоді як на рядкових посівах зв'язок між цими показниками був середнім прямим – $r = 0,50$ (рис. 1).

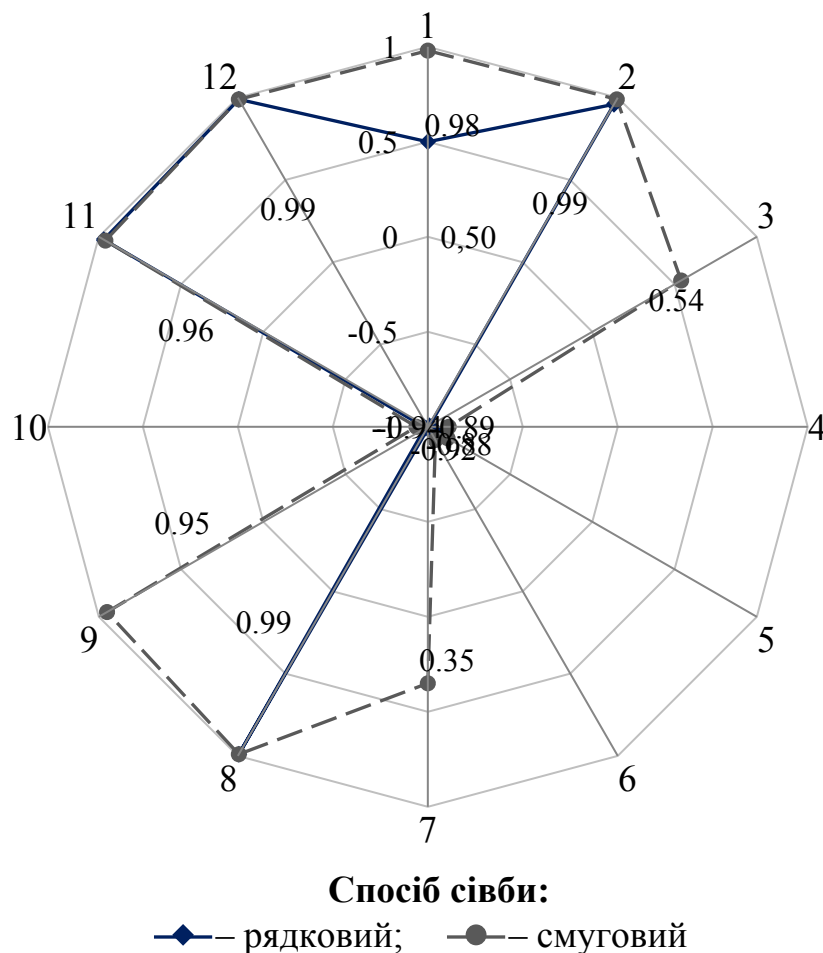


Рис. 1. Зв'язок норми висіву насіння з урожайністю, елементами продуктивності та окремими біометричними показниками рослин тритикале озимого за рядкового та смугового способу сівби

Примітка: 1 – урожайність зерна; 2 – біологічна врожайність групи головних стебел; 3 – біологічна врожайність групи бічних стебел; 4 – маса зерен з колоса головного стебла; 5 – маса зерен з колоса бічного стебла; 6 – кількість зерен у колосі головного стебла; 7 – довжина колоса головного стебла; 8 – кількість рослин на 1 м²; 9 – кількість бічних стебел на 1 м²; 10 – діаметр другого надземного міжвузля; 11 – довжина другого надземного міжвузля; 12 – сумарний ФПП.

Значні відмінності між способами сівби також відмічені за силою зв'язків норми висіву насіння з біологічною врожайністю зерна групи бічних стебел, довжиною колоса головного стебла і, що особливо важливо, – кількістю бічних продуктивних стебел. Зокрема, між нормою висіву насіння і біологічною врожайністю зерна групи бічних продуктивних стебел за рядкового способу сівби зв'язок був тісний зворотній – $r = -0,98$ тоді як за смугового способу сівби, – середній прямий – $r = 0,54$. На рядкових посівах норма висіву насіння мала тісний зворотній зв'язок з кількістю бічних продуктивних стебел – $r = -0,96$, тоді як на смугових посівах цей зв'язок був тісний прямий – $r = 0,95$.

Звісно, встановлені зв'язки норми висіву насіння з урожайністю зерна, біологічною врожайністю, окремими елементами продуктивності та біометричними показниками характерні саме для досліджуваного діапазону норми висіву насіння, і звісно тут не може бути застосована будь-яка екстраполяція. У той же час, саме в цьому діапазоні знаходилися оптимальні варіанти норми висіву насіння для всіх способів сівби тож, вони об'єктивно дають можливість їх порівнювати.

Про високу взаємодію способів сівби з нормою висіву свідчать розраховані частки впливу досліджуваних факторів у зміну врожайності зерна. В усі роки відмічено значний вплив взаємодії досліджуваних факторів, доведений також статистичним аналізом. Зокрема, його частка в зміні врожайності зерна тритикале в 2018, 2019, 2020 і 2025 рр. становила – 16,2 %, 8,8, 14,8 і 12,1 % відповідно.

Звісно більших змін урожайність зерна зазнавала за впливу головних ефектів факторів. У цілому за роками досліджень, їх вплив був схожий тож, умовно можна сказати, що за впливом вони були достатньо близькими. У 2018, 2019 р. дещо більших змін урожайність зерна зазнавала за впливу норми висіву насіння – 43,6 і 41,7 % проти 31,4 і 37,3 % відповідно, натомість у 2025 р. більш впливовим був саме спосіб сівби – 42,0 % проти 35,7 % – за впливу норми висіву насіння. У 2020 р. вплив способу сівби і норми висіву насіння був фактично однаковий з частками впливу – 35,4 і 37,0 % відповідно.

Висновки. Оптимізація норми висіву насіння у сполученні зі способом сівби є важливим резервом підвищення рівня реалізації генетичного потенціалу продуктивності тритикале озимого. Важливим є те, що «корекція» цих елементів технології вирощування, на відміну від, наприклад системи живлення або застосування засобів захисту рослин, не «тисне» на вколише середовище, а також не передбачає значних додаткових витрат на вирощування.

Доведена істотна перевага смугового способу сівби в усі роки досліджень. З точки зору зернової продуктивності найкращим був

варіант сполучення смугового способу сівби з нормою висіву насіння 500 шт./м². У середньому за чотири роки врожайність зерна в цьому варіанті становила 6,52 т/га, що на 1,36 т/га вище порівняно з контролем досліду (рядкова сівба у сполученні з нормою висіву насіння 450 шт./м²). Підвищення норми висіву від 500 до 550 нас./м² не забезпечувало істотного збільшення врожайності зерна.

Рядковий спосіб сівби за рівнем урожайності зерна тритикале озимого значно поступався вузькорядному і тим більше смуговому способам за всіх норм висіву насіння. Найвищу врожайність зерна за цього способу сівби отримано у варіанті з нормою висіву 450 шт./м² – 5,25 т/га однак, вона істотно не відрізнялася від показника отриманого за норми висіву 400 нас./м² – 5,16 т/га тож, з точки зору врожайності зерна, на рядкових посівах кращою була норма висіву 400 нас./м².

Вузькорядний спосіб сівби за рівнем урожайності значно поступався смуговому способу сівби проте істотно переважав рядковий. У сполученні з вузькорядним способом сівби кращий результат показала норма висіву насіння – 450 шт./м². У середньому за чотири роки врожайність зерна в цьому варіанті становила 5,73 т/га. Вона була істотно вищою ніж за менших норм висіву і статистично не відрізнялася від урожайності зерна на варіантах з нормами висіву 500 і 550 нас./м².

В усі роки відмічено високий ефект взаємодії способу сівби з нормою висіву насіння в мінливості врожайності зерна досліджуваного сорту тритикале озимого, який також підтвердився статистичним аналізом. Частка взаємодії цих факторів у мінливості врожайності зерна в 2018, 2019, 2020 і 2025 рр. становила 16,2, 8,8, 14,8 і 12,1 % відповідно.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Федорович Г.Т. Формування урожайності тритикале озимого залежно від попередника та строків сівби в умовах Степу України. *Наукові праці: Екологія*. 2014. Вип. 220. Том 232. С. 71–74.
2. Food and agriculture organization of the United Nations (FAOSTAT).
3. Любич В.В., Железна В.В., Стратуца Я.С. Перспективи використання тритикале в хлібопекарській промисловості. *Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки*. 2022. Вип. 3. С. 133–143.
4. Бондаренко О. Зимостійкість колекційних зразків тритикале озимого. Матеріали XIII Міжнародної наукової конференції «Корми і кормовий білок» (06 серпня 2021 року). Інститут кормів та сільського господарства Поділля НААН. Вінниця. 2021. С. 45–50. <https://doi.org/10.31073/kormovyrobnystvo2021conf>

5. Діордієва І.П. Розширення генофонду тритикале озимого віддаленою гібридизацією. *Селекційно-генетична наука і освіта*. 2021. С. 69–71. URL: <http://surl.li/jgpwv>
6. Єгупова Т.В., Дібко М.І. Вплив елементів технології вирощування на формування врожайності та якості зерна тритикале озимого на дерново-підзолистих супіщаних ґрунтах Західного Полісся. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2014. Вип. 21. С. 80–84.
7. Корнійчук О.В., Мельничук В.Ю. Вплив мінеральних добрив та технологічних чинників на ріст і врожайність сортів тритикале озимого. *Корми і кормовиробництво*. 2023. № 95. С. 117–127. <https://doi.org/10.31073/kormovyrobnytstvo202395-10>
8. Basieva M. Influence of seeding rates on productive qualities of winter triticale in the foothill zone conditions. 2023. E3S Web of Conferences 431, 01018. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202343101018>
9. Білітюк А.П. Вирощування інтенсивних агроценозів тритикале в західних областях України. Київ: Колобіг, 2006. 208 с.
10. Ключевич М.М., Сторожук В.В. Вплив строків сівби та норм висіву насіння тритикале озимого на розвиток мікозів й урожайність культури в Поліссі України. *Сільське господарство та лісівництво*. 2016. № 3. С. 84–94.
11. Гирка А.Д. Продуктивність пшениці озимої залежно від строку сівби та норми висіву після ріпаку озимого в умовах Степу. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2017. № 7(1). С. 30–36.
12. Поліщук В.В., Притула Ю.М. Вплив норми висіву на формування продуктивності та якості насіння пшениці озимої. *Агробіологія*. 2025. № 1. С. 122–129. <https://doi.org/10.33245/2310-9270-2025-195-1-122-129>
13. Бутенко О.М., Бондарева О.Б. Вплив норми висіву на врожайність пшениці туранської (*Triticum turanicum* Jakubz.) в Степу України. *Debats scientifiques et orientations prospectives du developpement scientifique*. Paris, 2024. С. 107–109. <https://doi.org/10.36074/logos-20.09.2024.020>
14. Influence of seeding rate on the productivity and quality of soft spring wheat grain / M. Radchenko et al. *Agriculture & Forestry*. 2024. 70(1). P. 91–103. <https://doi.org/10.17707/AgricultForest.70.1.06>
15. Bhatii A.S., Kandhro M.N., Chang M.S., Sootaher J.K., Buriro K.A., Mangrio N., Shar P.A., Soothar M.K., Wadho M. Effect of Different Sowing Methods on The Growth and Yield of Wheat (*Triticum aestivum* L.). *RADS J. Biol. Res. Appl. Sci.* 2022. Vol. 13(1). P. 33–42.
16. Chaudhary J.N., Khan U.D., Shah S.H.H., Shahid M.A., Arsalan M. Effect of sowing methods and seed rates on wheat yield and water productivity. *Quality, Assuran. Saf. Crops. Foods*. 2015. Vol. 8(2). P. 267–272.

17. Awoke T., Yoseph T., Mitiku M. Effect of sowing methods and seed rate on yield of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) at south ari district, south omo zone, snnpr, Ethiopia. *Int J Res Granthaalayah*. 2017. Vol. 5(6). P. 175–180.
18. Adhikari A., Bishal D.C., Regmi S., Timilsena K. Effect of sowing methods and varieties on growth and yield of wheat (*Triticum aestivum* L.) in Dang, Nepal. *Archives of Agriculture and Environmental Science*. 2024. Vol. 9(1), P. 58–63. <https://dx.doi.org/10.26832/24566632.2024.090109>
19. Хоменко М.С., Зирянов В.А., Насонов В.А. Механізація сівби зернових культур і трав. Довідник. 1989. 168 с.
20. 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.
21. Рожков А.О., Пузік В.К., Каленська С.М. й ін. Дослідна справа в агрономії: навч. посібник: у 2 кн. – Кн. 1. Теоретичні аспекти дослідної справи. Харків: Майдан, 2016. 316 с.
22. Вінюков О.О., Лапко О.Б. Вплив норм висіву на формування показників продуктивності пшениці озимої різновидів *Lutescens* та *erythrospermum* в умовах північного Степу України. *Аграрні інновації*. 2023. № 18. С. 7–13.

REFERENCES

1. Fedorovich, G.T. (2014). Formation of winter triticale yield depending on the predecessor and sowing dates in the conditions of the Ukrainian Steppe. *Scientific Works: Ecology*, Issue 220, Vol. 232. P. 71–74.
2. Food and agriculture organization of the United Nations (FAOSTAT).
3. Lyubich, V.V., Zhelezna, V.V. & Stratuca, Ya.S. (2022). Prospects for the use of triticale in the baking industry. *Tavrian Scientific Bulletin. Series: Technical Sciences*, Issue 3, P. 133–143.
4. Bondarenko, O. (2021). Winter hardiness of collection samples of winter triticale. Proceedings of the XIII International scientific conference “Feeds and feed protein”. Vinnytsia, Institute of Feed Research and Agriculture of Podillia of NAAS, August 6. P. 45–50. <https://doi.org/10.31073/kormovyrobnytstvo2021conf>
5. Diordiieva, I.P. (2021). Expansion of the gene pool of winter triticale by distant hybridization. Breeding and genetic science and education. 2021. P. 69–71. Available at: URL: <http://surl.li/jgpwv>
6. Yehupova, T.V. & Dibko M.I. (2014). The influence of elements of cultivation technology on the formation of yield and quality of winter triticale grain on sod-podzolic sandy soils of Western Polissia. *Scientific works of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet*, Issue 21, P. 80–84.

7. Korniychuk, O.V. & Melnychuk, V.Yu. (2023). The Influence of mineral fertilizers and technological factors on the growth and yield of winter triticale varieties. *Feed and feed production*, № 95, P. 117–127. <https://doi.org/10.31073/kormovyrobnytstvo202395-10>
8. Basieva, M. (2023). Influence of seeding rates on productive qualities of winter triticale in the foothill zone conditions. E3S Web of Conferences 431, 01018. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202343101018>
9. Bilitiuk, A.P. (2006). Cultivation of intensive triticale agrocenoses in the western regions of Ukraine. Kyiv: Kolobig, 206 p.
10. Klyuchevich, M.M., & Storozhuk, V.V. (2016). The influence of sowing dates and sowing rates of winter triticale seeds on the development of mycoses and crop yield in Polissya Ukraine. *Agriculture and Forestry*. № 3. P. 84–94.
11. Girka, A.D. (2017). Winter wheat productivity depending on sowing date and sowing rate after winter rapeseed in steppe conditions. *Ukrainian Journal of Ecology*. № 7(1). P. 30–36.
12. Polishchuk, V., & Prytula, Y. (2025). Influence of seeding rate on the formation of productivity and quality of winter wheat seeds. «Agrobiology». №. 1. P. 122–129. <https://doi.org/10.33245/2310-9270-2025-195-1-122-129>
13. Butenko, O.M. & Bondareva, O.B. Influence of sowing rate on the yield of Turan wheat (*Triticum turanicum* Jakubz.) in the Steppe of Ukraine. *Debats scientifiques et orientations prospectives du developpement scientifique*. Paris, 2024. P. 107–109. <https://doi.org/10.36074/logos-20.09.2024.020>
14. Influence of seeding rate on the productivity and quality of soft spring wheat grain / M. Radchenko et al. *Agriculture & Forestry*. 2024. 70(1). P. 91–103. <https://doi.org/10.17707/AgricultForest.70.1.06>
15. Bhatii, A.S., Kandhro, M.N., Chang, M.S., Sootaher, J.K., Buriro, K.A., Mangrio, N., Shar, P.A., Soothar, M.K. & Wadho, M. (2022). Effect of Different Sowing Methods on The Growth and Yield of Wheat (*Triticum aestivum* L.). *RADS J. Biol. Res. Appl. Sci.* Vol. 13(1). P. 33–42.
16. Chaudhary, J.N., Khan, U.D., Shah, S.H., Shahid, M.A. & Arsalan, M. (2015). Effect of sowing methods and seed rates on wheat yield and water productivity. *Quality, Assuran. Saf. Crops. Foods*. Vol. 8(2). P. 267–272.
17. Awoke, T., Yoseph, T. & Mitiku, M. (2017). Effect of sowing methods and seed rate on yield of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) at south ari district, south omo zone, snnp, Ethiopia. *Int J Res Granthaalayah*. Vol. 5(6). P. 175–180.
18. Adhikari, A., Bishal, D.C., Regmi, S. & Timilsena K. (2024). Effect of sowing methods and varieties on growth and yield of wheat

(*Triticum aestivum* L.) in Dang, Nepal. *Archives of Agriculture and Environmental Science*. Vol. 9(1), P. 58–63.
<https://dx.doi.org/10.26832/24566632.2024.090109>

19. Khomenko, M.S., Zyryanov, V.A. & Nasonov, V.A. (1986). Mechanization of sowing grain crops and grasses. Reference book. 168 p.

20. Yeshchenko, V.O., Kopytko, P.G., Kostogryz, P.V., Opryshko V.P. (2024). Fundamentals of Scientific Research in Agronomy: Textbook. 2nd edition, revised and expanded. Vinnytsia: PP “TD Edelweiss and K,”. 332 p.

21. 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.

22. Vinyukov, O.O. & Lapko, O.B. (2023). Influence of sowing rates on the formation of productivity indicators of winter wheat varieties *Lutescens* and *erythrospermum* in the conditions of the northern steppe of Ukraine. *Agrarian Innovations*. №. 18. P. 7–13.

O. Belashov, post-graduate student

A. Rozhkov, doctor of agricultural sciences, professor
State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine

The effect of different combinations of sowing methods and seed sowing rates on the yield of winter triticale

The results of four years of research on the impact of sowing methods in combination with seed sowing rates on the grain yield of winter triticale variety Shalanda are presented.

Formulation of the problem. Given the growing interest among producers in winter triticale and the gradual expansion of its acreage, there is a need to study the possibilities for realizing the genetic potential and adaptive properties of this crop depending on the influence of cultivation technology elements. In this regard, it is particularly important to determine the optimal indicators of the feeding area and its shape, which are determined by the combination of the sowing method and the seed sowing rate. Unlike, for example, crop nutrition and protection systems, these elements have no side effects on the environment, their adjustment does not involve significant economic costs, and their share in grain yield variability is quite high. In addition, the effectiveness of other elements of agricultural technology, the phytosanitary condition of crops, the level of utilization of nutrients from fertilizers, largely depend on them.

The purpose of the research. The aim of the research was to compare the effectiveness of different sowing methods and determine the best combinations of sowing methods and seed rates that ensure fuller realization of the genetic potential of winter triticale variety Shalanda.

Research methods. The research was conducted in 2017–2020, 2024, and 2025 at the Shevchenko Agricultural Production Cooperative located in the Velykoburlutsky district of the Kharkiv region. The technology for growing winter triticale, with the exception of the issues under study, was typical for the research area. To solve the tasks set, a two-factor field experiment was set up using the split-plot method. The first order

plots were sown using three methods: row, narrow row, and strip. The second order plots had five seed sowing rates: 350 seeds/m², 400, 450, 500, and 550 seeds/m². The area of the accounting plot was 75 m².

Research results. In the studied variants of the sowing method, the highest yield of winter triticale grain was obtained at different seed sowing rates. The strip method showed the best results in terms of grain yield for all seed sowing rates in all years. The highest triticale grain yield using this sowing method was obtained in variants with a seed sowing rate of 550 seeds/m² – 6.64 t/ha. However, statistical analysis of yield results using a ranking criterion did not reveal a significant difference between the variants with seed sowing rates of 550 and 500 seeds/m².

A similar trend was observed throughout the years, namely, grain yield increased significantly with an increase in seed sowing rate from 450 to 500 seeds/m², while a further increase in seed sowing rate did not result in a significant increase in yield. In particular, with an increase in the seed sowing rate from 500 to 550 seeds/m², grain yield in 2018, 2019, 2020, and 2025 in the strip sowing variants increased by 0.09, 0.25, 0.07, and 0.09 t/ha for LSD₀₅ partial comparisons of factor *B* – 0.21, 0.27, 0.15 and 0.24 t/ha, respectively. Thus, for strip sowing, from the point of view of grain yield, the optimal seed sowing rate is 500 seeds/m².

On narrow-row crops, the highest grain yield over four years was achieved with a sowing rate of 450 seeds/m² – 5.73 t/ha. It significantly exceeded the variants with lower sowing rates and, according to statistical analysis using Duncan's rank criterion, did not differ significantly from the variants with sowing rates of 500 and 550 seeds/m². Based on years of research on narrow-row sowing options, a sowing rate of 450 seeds per hectare was also optimal in terms of grain yield. At this sowing rate, it was significantly higher than at lower sowing rates and did not differ statistically from the variants with higher sowing rates. Thus, in combination with narrow-row sowing, the best seed rate in terms of grain yield is 450 seeds/m².

The row sowing method showed the worst results in terms of grain yield. With this method, the highest average grain yield over the years was obtained with a seed sowing rate of 450 seeds/m² – 5.25 t/ha. At the same time, it did not significantly exceed the grain yield in the variant with a seed sowing rate of 400 seeds/m² (5.16 t/ha). These indicators, as well as the yield in the variant with a sowing rate of 500 seeds/m², belonged to the same rank group. Therefore, in terms of grain yield, the best option for row crops was a seed sowing rate of 400 seeds/m².

Conclusions. If technical capabilities allow, winter triticale of the Shalanda variety and varieties close to it in terms of morpho-biotype should be sown in strips with a sowing rate of 500 seeds/m². In the absence of a suitable seeder, sowing should be carried out using the narrow-row method in combination with a seed sowing rate of 450 seeds/m², or using the row method with a sowing rate of 400 seeds/m².

Keywords: winter triticale, variety, sowing method, sowing rate, grain yield, productivity elements.

УДК 635.652:631.53.027:631.816.3.031](292.485:477.4)
DOI 10.5281/zenodo.18492205

Л.М. Поташова, канд. с.-г. наук, доцент
Державний біотехнологічний університет, Харків, Україна

ВПЛИВ СТРОКІВ СІВБИ НА ФОРМУВАННЯ ВРОЖАЙНОСТІ СОРТІВ КВАСОЛІ У СХІДНОМУ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

Наведено результати трирічних досліджень впливу різних строків сівби (5 і 15 травня) на ріст і формування врожайності сортів квасолі Первомайська, Докучаєвська, Мавка та Панна. Встановлено, що за другого строку сівби густота сходів і польова схожість насіння сортів Первомайська, Докучаєвська і Мавка зменшується, а сорту Панна – збільшується у порівнянні з першим строком посіву. Більш пізні посіви призводять до зниження виживаності рослин по всіх досліджуваних сортах квасолі. У сортів Первомайська і Докучаєвська спостерігається загальна тенденція до покращення структурних показників урожаю за першого строку посіву, а у сортів Мавка і Панна за другого строку. Найбільшу врожайність зерна квасолі у сортів Первомайська і Докучаєвська – 1,94 і 1,76 т/га отримали за першого строку, а у сортів Мавка і Панна – 1,72 і 1,55 т/га за другого строку сівби.

Ключові слова: строки сівби, сорти квасолі, польова схожість насіння, виживаність рослин, структура врожаю, врожайність.

Вступ. В умовах Східного Лісостепу України для ефективного використання біологічного потенціалу сорту і природно-кліматичних умов важливе значення має розробка та впровадження у виробництво нової адаптивної технології вирощування квасолі. Враховуючи недостатній обсяг виробництва квасолі, постала необхідність перегляду окремих елементів технології її вирощування, спрямованих на отримання максимальної врожайності. Серед заходів, за яких можливо досягти високої врожайності та покращення якості зерна цієї культури, є удосконалення сучасних науково-технічних принципів підбору нових високопродуктивних сортів, допосівної обробки насіння, удобрення, способів сівби, норм висіву тощо, спрямованих на формування оптимального посіву [1–9].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Важливим агротехнічним заходом в технології вирощування зерна квасолі звичайної є оптимізація строків посіву. Вдало підібрані строки сівби дають можливість отримати дружні сходи, сприяють своєчасному проходженню фенологічних фаз і рівномірності досягання врожаю. За даними О.В. Овчарука та ін. строки сівби квасолі визначаються місцевими і наявними погодно-кліматичними умовами року, а також характеристикою ґрунту та сортовими особливостями культури [10].

Квасоллю як чутливу до заморозків культуру, висівають, коли

мине загроза повернення холодів і ґрунт на глибині 10 см прогріється до температури 10–12°C. Ранні посіви квасолі характеризуються повільним розвитком, пошкодженням тимчасовими пониженнями температурами, що призводить до загибелі частини рослин і зрідження посівів. Насіння квасолі, висіяне в третій декаді квітня, часто потрапляє у несприятливі за температурним режимом умови, тому польова схожість його знижується. Насіння квасолі за таких умов довгий час не проростає, пліснявіє, загниває, значна частина пошкоджується шкідниками і сходи формуються зрідженими [11, 12].

За більш пізніх строків сівби ґрунт пересихає і сходи квасолі з'являються нерівномірно. Частина насіння через тривалий період часу в такому ґрунті втрачає схожість. Українськими науковцями досліджено, що від сівби квасолі звичайної в ранні і пізні строки спостерігаються зниження виживання рослин, тому що сходи її були більш слабкими в порівнянні зі сходами, отриманими в оптимальні строки. Разом із цим вони зазначають, що важливою умовою для отримання рівномірних сходів та високого врожаю є наявність достатньої кількості вологи у верхньому шарі ґрунту [13, 14].

Швидкість появи сходів перебуває в тісній залежності від температури й вологості ґрунту, що має виняткове значення при сівбі квасолі. Аналізуючи дані науковців, які проводили дослідження у Правобережному Лісостепу, квасолі слід висівати наприкінці першої або середині другої декади травня, коли ґрунт на глибині 5–6 см прогріється до 10°C і вище, коли до мінімуму зводиться вірогідність весняних заморозків [15–17].

У Східному Лісостепу України досліджень щодо впливу строків сівби на ріст і врожайність сучасних сортів квасолі не проводилося, що обумовлює актуальність даної роботи.

Матеріали і методи досліджень. Формування продуктивності зерна квасолі залежно від строків сівби в умовах Східного Лісостепу проводили впродовж 2019–2021 рр. на базі ННВЦ «Дослідне поле». Схемою досліджень передбачали дослідити дію двох чинників: строки сівби – 5 травня і 15 травня (фактор А); сорти квасолі – Первомайська, Докучаєвська, Мавка, Панна (фактор Б). Розміщення варіантів – систематичне, повторність – чотириразова. Загальна площа ділянки 10 м², облікова – 6 м². Попередник – пшениця яра. Сівбу проводили широкорядним способом із шириною міжрядь 45 см. Норму висіву становила 500 тис. схожого насіння на 1 га. Спостереження за фенологічними фазами росту й розвитку рослин проводили згідно загальноприйнятої методики [18]; густоту рослин підраховували у фазі повних сходів і перед збиранням урожаю на постійно закріплених кілочках площадках у чотириразовій повторності; виживаність рослин визначали шляхом відношення кількості рослин перед збиранням до їх

кількості у фазі сходів; структурний аналіз врожаю квасолі проводили методом відбору снопових зразків [19]; облік врожаю квасолі здійснювали у фазі повної стиглості методом подільного обмолоту і зважування зерна з перерахуванням на вологість та засміченість; визначення маси 1000 зерен проводили за ДСТУ 4138-169 2002 [20].

Результати досліджень та їх обговорення. Температура та опади в роки проведення досліджень мали певні відмінності від середніх багаторічних даних, що відображалося на ростових процесах і формуванні продуктивності сортів квасолі (табл. 1, 2).

1. Температура повітря за вегетаційний період квасолі (за даним метеопосту «Рогань»)

Місяці	Температура, ° C				
	Декади			Середня за місяць	Багато- річна
	1	2	3		
2019 р.					
Квітень	9,8	9,8	14,9	11,5	8,3
Травень	15,2	19,0	26,1	20,1	15,4
Червень	23,9	26,1	24,3	24,8	19,2
Липень	21,5	20,2	22,5	21,4	20,5
Серпень	19,0	24,0	23,4	22,1	19,6
Вересень	23,0	16,9	12,1	17,3	13,8
2020 р.					
Квітень	7,9	7,5	11,0	8,8	8,3
Травень	14,3	13,1	13,2	13,5	15,4
Червень	18,5	24,4	22,9	21,9	19,2
Липень	24,8	21,0	22,5	22,8	20,5
Серпень	22,0	20,8	21,3	21,4	19,6
Вересень	22,3	16,7	17,3	18,8	13,8
2021 р.					
Квітень	6,8	10,0	9,3	8,7	8,3
Травень	13,4	16,5	18,5	16,1	15,4
Червень	15,4	21,4	25,6	20,8	19,2
Липень	23,6	27,0	23,7	24,8	20,5
Серпень	26,2	25,0	23,0	24,7	19,6
Вересень	15,1	17,4	8,8	13,8	13,8

2. Кількість опадів за вегетаційний період квасолі (за даними метеопосту «Рогань»)

Місяці	Опади, мм				
	Декади			Сума	Багаторічна
	1	2	3		
2019 р.					
Квітень	0,0	23,8	20,7	44,5	35
Травень	30,6	3,8	9,0	43,4	49
Червень	12,7	0,0	2,5	15,2	59
Липень	25,9	0,0	12,9	38,8	71
Серпень	13,6	0,0	0,0	13,6	56
Вересень	0,0	2,0	11,0	13,0	43
2020 р.					
Квітень	0,4	5,3	8,0	13,7	35
Травень	18,6	14,2	75,5	108,3	49
Червень	33,0	19,8	1,4	54,2	59
Липень	7,0	92,0	7,0	106,0	71
Серпень	0,0	0,0	5,8	5,8	56
Вересень	0,0	0,0	1,3	1,3	43
2021 р.					
Квітень	8,6	20,7	14,4	43,7	35
Травень	14,0	28,7	8,8	51,5	49
Червень	50,8	23,4	7,7	81,0	59
Липень	15,7	0,0	3,8	19,5	71
Серпень	2,2	5,9	3,7	11,8	56
Вересень	2,3	18,3	11,4	32,0	43

Квітень і травень 2019 р. за температурою повітря на 3,2 і 4,7 °С перевищували багаторічні показники, що дозволило добре прогрітись ґрунту і, не зважаючи на певну нестачу вологи, отримати дружні сходи першого строку посіву на 6-7 добу, другого строку – на 5-6 добу. Проте аномально спекотна і посушлива погода у червні (24,8 °С і 15,2 мм) негативно вплинула на початкові етапи росту рослин (період трійчастий листок – бутонізація). У першій декаді липня під час цвітіння квасолі пройшли дощі – 25,9 мм і середня температура повітря знизилася до 21,5 °С, що дещо поліпшило стан посівів. Фази утворення бобів, наливу бобів і досягання насіння відбувалося за гострого дефіциту опадів, що суттєво позначилися на формуванні структурних елементів і врожайності квасолі.

Квітень 2020 р. виявився помірним за температурою і сухим за зволоженням – лише 13,7 мм. У травні пройшли рясні дощі – 108,3 мм за середньої температури на 1,9 °С нижчої за кліматичну норму, що вповільнило появу сходів квасолі. За першого строку сівби вони з'явилися на 11-13 добу, за другого – на 11-14 добу. Середня температура червня на 2,7 °С перевищувала багаторічний показник, а опадів випало близько норми – 54,2 мм, що забезпечило нормальне

проходження початкових етапів росту рослин. Цвітіння квасолі відбувалося за високої середньої декадної температури повітря $24,8^{\circ}\text{C}$ і нестачі опадів – 7,0 мм, але під час утворення бобів пройшли рясні дощі – 92,0 мм, що сприяло подальшому їх наливу. Високі температури і дефіцит опадів під кінець вегетації квасолі прискорили дозрівання насіння та початок збирання врожаю.

У 2021 р. середньомісячні температури квітня, травня і червня в цілому дещо перевищували багаторічні показники, але їх декадні коливання були значними. Поява сходів першого строку посіву зафіксована на 10-12 добу, другого строку – на 7-8 добу. Особливо прохолодна погода відмічена в першій декаді червня, коли середня температура становила $15,4^{\circ}\text{C}$, а опади – 50,8 мм. Це суттєво уповільнило початкові етапи росту й розвитку рослин. Починаючи з третьої декади червня і до кінця вегетації спостерігалася спекотна і посушлива погода, яка негативно вплинула на виживаність рослин, формування структурних елементів і врожайності квасолі.

На основі проведених експериментальних досліджень упродовж 2019–2021 рр. встановлено, що конкретні погодні умови, строки сівби та особливості досліджуваних сортів впливали на густоту, польову схожість та виживаність рослин квасолі (табл. 3).

У 2019 р. за першого строку посіву густота повних сходів у сортів Первомайська і Докучаєвська ($45,4$ і $44,6$ шт./ m^2) виявилася більшою, ніж у сортів Мавка і Панна ($43,4$ і $43,7$ шт./ m^2). Польова схожість у сортів Первомайська і Докучаєвська становила $90,8$ і $89,2\%$, у сортів Мавка і Панна – $86,8$ і $87,4\%$ відповідно. За другого строку посіву густота повних сходів у квасолі сортів Первомайська і Докучаєвська дорівнювала $45,2$ і $43,1$ шт./ m^2 , сортів Мавка і Панна – $42,8$ і $43,3$ шт./ m^2 . Польова схожість при цьому у сортів Первомайська і Докучаєвська становила $90,4$ і $86,2\%$, у сортів Мавка і Панна – $85,6$ і $86,6\%$ відповідно.

У 2020 р. за першого строку посіву сорти Мавка і Панна за густотою повних сходів – $47,6$ і $46,5$ шт./ m^2 перевищували сорти Первомайська і Докучаєвська – $43,3$ і $45,5$ шт./ m^2 відповідно. При цьому польова схожість у сортів Мавка і Панна сягала $95,2$ і $93,0\%$, у сортів Первомайська і Докучаєвська – $86,6$ і $91,0\%$ відповідно. За другого строку посіву, через прохолодну погоду 2-3 декади травня – $13,1$ – $13,2^{\circ}\text{C}$ і надмірну кількість опадів – сумарно 89,7 мм, густота повних сходів і польова схожість виявилися меншими. У сортів Мавка і Панна вона становила $43,0$ і $45,5$ шт./ m^2 , польова схожість – $86,0$ і $91,0\%$; у сортів Первомайська і Докучаєвська – відповідно $41,8$ і $42,2$ шт./ m^2 та $83,6$ і $84,4\%$.

3. Густота, польова схожість виживаність рослин квасолі залежно від строків сівби

Строки сівби	Сорти	Густота рослин, шт./м ²		Польова схожість, %	Вжива- ність, %
		Сходи	збирання		
2019 р.					
I (5 травня)	Первомайська	45,4	42,5	90,8	93,6
	Докучаєвська	44,6	42,5	89,2	95,3
	Мавка	43,4	38,0	86,8	87,6
	Панна	43,7	40,0	87,4	89,9
II (15 травня)	Первомайська	45,2	42,0	90,4	92,9
	Докучаєвська	43,1	41,0	86,2	95,1
	Мавка	42,8	37,0	85,6	86,4
	Панна	43,3	37,0	86,6	85,4
2020 р.					
I (5 травня)	Первомайська	43,3	40,0	86,6	92,4
	Докучаєвська	45,5	40,5	91,0	89,0
	Мавка	47,6	39,8	95,2	83,6
	Панна	46,5	42,8	93,0	92,0
II (15 травня)	Первомайська	41,8	35,1	83,6	84,0
	Докучаєвська	42,2	35,5	84,4	84,1
	Мавка	43,0	34,4	86,0	80,0
	Панна	45,5	35,7	91,0	78,5
2021 р.					
I (5 травня)	Первомайська	35,3	31,2	70,6	88,4
	Докучаєвська	34,5	29,8	69,0	86,4
	Мавка	40,2	34,4	80,4	85,6
	Панна	38,0	32,1	76,0	84,5
II (15 травня)	Первомайська	36,5	32,0	73,0	87,7
	Докучаєвська	35,4	30,1	70,8	85,0
	Мавка	42,9	37,6	85,8	87,6
	Панна	40,7	31,0	81,4	76,2
Середнє за 2019–2021 рр.					
I (5 травня)	Первомайська	41,3	37,8	82,6	91,5
	Докучаєвська	41,5	37,6	83,0	90,2
	Мавка	43,7	37,4	87,4	85,6
	Панна	42,7	38,3	85,4	88,8
II (15 травня)	Первомайська	41,2	36,4	82,3	88,2
	Докучаєвська	40,2	35,5	80,4	88,3
	Мавка	42,9	36,3	85,8	84,6
	Панна	43,2	34,6	86,4	80,0

У 2021 р., унаслідок низької середньодобової температури – 13,4⁰С і дефіциту вологи у першій декаді травня – 14,0 мм, густота повних сходів сортів квасолі за першого строку посіву виявилася низькою: Первомайська – 35,3 шт./м², Докучаєвська – 34,5, Мавка – 40,2, Панна – 38,0 шт./м²; польова схожість становила відповідно 70,6,

69,0, 80,4 і 76,0%. За другого строку посіву, через підвищення середньодобової температури до 16,5 °C і збільшення опадів – 28,7 мм, густина сходів і відповідно польова схожість дещо збільшилися. Густина сходів у сорту Первомайська становила 36,5 шт./м², у сорту Докучаєвська – 35,4, у сорту Мавка – 42,9, у сорту Панна – 40,7 шт./м². Польова схожість по цих сортах дорівнювала 73,0, 70,8, 85,8 і 81,4% відповідно.

У середньому за три роки досліджень за першого строку сівби густина повних сходів у сортів Первомайська і Докучаєвська становила 41,3 і 41,5 шт./м² (польова схожість – 82,6 і 83,0%). У сортів Мавка і Панна густина повних сходів і польова схожість виявилася більшими – 43,7 і 42,7 шт./м² та 87,4 і 85,4% відповідно. За другого строку посіву густина повних сходів у більшості сортів кvasолі знизилася: Первомайська – 41,2 шт./м², Докучаєвська – 40,2, Мавка – 42,9, а у сорту Панна збільшилася – 43,2 шт./м². Польова схожість становила 82,3, 80,4, 85,8 і 86,4% відповідно.

У 2019 р. за першого і другого строку посіву найбільша виживаність рослин відмічена у сортів Первомайська – 93,6 і 92,4% та Докучаєвська – 95,3 і 95,1%; сорти Мавка і Панна за першого і другого строків сівби мали меншу виживаність – 87,6 і 86,4 і 89,9 і 85,4% відповідно.

У 2020 р. виживаність рослин у сортів кvasолі за першого строку сівби становила: Первомайська – 92,4%, Докучаєвська – 89,0, Мавка – 83,6 і Панна – 92,0%. За другого строку сівби знизилася до 84,0, 84,1, 80,0 і 78,5% відповідно.

У 2021 р., через дефіцит опадів і високі середньодобові температури липня (19,5 мм і 24,8 °C), виживаність рослин першого строку посіву коливалася від 84,5 (сорт Панна) до 88,4% (сорт Первомайська); за другого строку посіву – від 76,2 (сорт Панна) до 87,7 % (сорт Первомайська).

У середньому за три роки досліджень більша виживаність рослин спостерігалася за першого строку посіву. У сорту Первомайська вона сягала 91,5%, у сорту Докучаєвська – 90,2, у сорту Мавка – 85,6 і у сорту Панна – 88,8%. За другого строку посіву виживаність рослин у сортів кvasолі виявилися дещо меншою: Первомайська – 88,2%, Докучаєвська – 88,3, Мавка – 84,6, Панна – 80,0%.

Продуктивність рослин кvasолі звичайної – складна кількісна ознака, обумовлена взаємодією цілого комплексу показників, з яких найбільше значення мають такі елементи структури врожаю, як кількість бобів на рослині, кількість насінин у бобі, та маса насіння з рослини. Висока продуктивність кvasолі – результат найбільш оптимального поєднання елементів структури врожаю.

У 2019 р. кількість бобів на одній рослині за першого строку

сівби у сортів квасолі була такою: Первомайська – 6,1 шт., Докучаєвська – 5,5, Мавка – 6,4, Панна – 5,0 шт. За другого строку сівби кількість сформованих бобів виявилася меншою у сортів Первомайська і Докучаєвська відповідно 4,9 і 4,2, а у сортів Мавка і Панна майже не змінилася 6,6 і 4,9 штук (табл. 4).

За першого строку посіву у сортів квасолі на одній рослині утворилася така кількість зерен: Первомайська – 20,7 шт., Докучаєвська – 19,8, Мавка – 22,4, Панна – 14,0 шт. За другого строку сівби кількість зерен на одній рослині у сортів Первомайська, Докучаєвська Мавка зменшилася відповідно до 15,7, 13,0, 21,1, а у Панни зросла до 15,7 шт.

Кількість зерен у бобі є найбільш стабільним показником структури врожаю, який за першого строку сівби у сортів Первомайська, Докучаєвська і Мавка виявився майже однаковий – 3,4, 3,6 і 3,5 шт.; у сорту Панна цей показник був меншим – 2,8 шт. За другого строку сівби кількість зерен у бобі у сортів Первомайська, Докучаєвська і Мавка зменшилася відповідно до 3,2, 3,1 і 3,2 шт., а у Панни – збільшилася до 3,2 шт. у порівнянні з першим строком сівби.

За першого строку сівби маса 1000 зерен у сортів квасолі становила: Первомайська – 221 г, Докучаєвська – 230 г, Мавка – 220 г і Панна – 283 г, за другого строку сівби – 235, 245, 229 і 267 г відповідно. Тобто маса 1000 зерен за другого строку сівби у сорту Панна зменшилася, а у інших сортів збільшилася.

За першого строку сівби маса зерна з однієї рослини у сортів квасолі становила: Первомайська – 4,58, Докучаєвська – 4,55, Мавка – 4,93 і Панна – 3,96 г. За другого строку сівби цей показник у сортів Первомайська, Докучаєвська і Мавка знизився до 3,68, 3,19 і 4,84 г, а у сорту Панна збільшився до 4,19 г.

У 2020 р. кількість бобів на одній рослині за другого строку посіву в цілому виявилася більшою – 5,9-8,1 шт. порівняно з першим строком сівби – 5,4-6,9 шт. При цьому максимальна кількість бобів по обох строках посіву відмічена у сорту Мавка, а мінімальна – у сорту Первомайська.

За першого строку сівби найбільша кількість зерен на одній рослині налічувалася у сорту Первомайська – 24,3 шт., а найменша – у сорту Панна – 16,2 шт. За другого строку сівби максимальним цей показник виявився у сорту Мавка – 28,3 шт., в інших сортів він коливався у межах 21,1-23,1 шт.

4. Структура врожаю квасолі звичайної залежно від строків сівби

Строки сівби	Сорти	Кількість, шт.			Маса, г	
		бобів на рослині	зерен на рослині	зерен у бобі	1000 зерен	зерна з рослини
2019 р.						
I (5 травня)	Первомайська	6,1	20,7	3,4	221	4,58
	Докучаєвська	5,5	19,8	3,6	230	4,55
	Мавка	6,4	22,4	3,5	220	4,93
	Панна	5,0	14,0	2,8	283	3,96
II (15травня)	Первомайська	4,9	15,7	3,2	235	3,68
	Докучаєвська	4,2	13,0	3,1	245	3,19
	Мавка	6,6	21,1	3,2	229	4,84
	Панна	4,9	15,7	3,2	267	4,19
2020 р.						
I (5 травня)	Первомайська	5,4	24,3	4,5	261	6,34
	Докучаєвська	6,3	22,0	3,5	244	5,38
	Мавка	6,9	22,8	3,3	232	5,28
	Панна	5,6	16,2	2,9	277	4,50
II (15травня)	Первомайська	5,9	21,2	3,6	264	5,61
	Докучаєвська	6,2	21,1	3,4	253	5,33
	Мавка	8,1	28,3	3,5	246	6,97
	Панна	7,0	23,1	3,3	278	6,42
2021 р.						
I (5 травня)	Первомайська	10,4	37,4	3,6	205	7,67
	Докучаєвська	8,7	37,4	4,3	206	7,70
	Мавка	7,0	29,4	4,2	178	5,23
	Панна	7,0	17,5	2,5	209	3,66
II (15травня)	Первомайська	6,3	21,4	3,4	188	4,03
	Докучаєвська	6,7	22,1	3,3	185	4,09
	Мавка	6,3	25,2	4,0	177	4,46
	Панна	6,2	19,2	3,1	199	3,82
Середнє за 2019–2021 рр.						
I (5 травня)	Первомайська	7,2	27,3	3,8	229	6,25
	Докучаєвська	6,8	27,2	3,8	226	5,88
	Мавка	6,7	24,8	3,7	210	5,21
	Панна	5,9	15,9	2,7	256	4,04
II (15травня)	Первомайська	5,7	19,4	3,4	229	4,44
	Докучаєвська	5,7	18,7	3,3	228	4,27
	Мавка	7,0	25,2	3,6	217	5,47
	Панна	6,0	19,3	3,2	248	4,81

За першого строку сівби найбільша кількість зерен у бобі сформувалася у сорту Первомайська – 4,5 шт., а найменша – у сорту Панна – 2,9 шт. За другого строку сівби кількість зерен у бобі виявилася майже однаковою і коливалася від 3,6 шт. у сорту Первомайська до 3,3 шт. у сорту Панна.

Маса 1000 зерен за першого строку сівби 2020 р. найменшою виявилася у сорту Мавка – 232 г, а найбільшою – у сорту Панна – 277 г. За другого строку сівби маса 1000 зерен збільшилася і коливалася від 246 г у сорту Мавка до 278 г – у сорту Панна.

Маса зерна з однієї рослини за першого строку сівби у сортів квасолі виявилася такою: Первомайська – 6,34, Докучаєвська – 5,38, Мавка – 5,28 і Панна – 4,50 г. За другого строку сівби маса зерна з однієї рослини у сортів Первомайська і Докучаєвська знизилася відповідно до 5,61 і 5,33 г, а у сортів Мавка і Панна – збільшилася до 6,97 і 6,42 г.

У 2021 р. через спекотні й посушливі погодні умови під час вегетації рослин квасолі основні структурні елементи врожаю виявилися найгіршими у порівнянні з попередніми роками досліджень. За першого строку сівби у сортів квасолі Первомайська і Докучаєвська рослини сформували більшу кількість бобів (10,4 і 8,7 шт.) і зерен на рослину (по 37,4 шт.) порівняно із сортами Мавка і Панна, де їх налічувалося по 7,0 шт., а кількість зерен на рослині становила 29,4 і 17,5 шт. відповідно. За другого строку сівби кількість бобів на одній рослині у всіх сортів зменшилася, також зменшилася кількість зерен на рослині і зерен у бобі за виключенням сорту Панна, де спостерігалось деяке підвищення цих показників.

Маса 1000 зерен через несприятливі погодні умови в період формування і наливу зерна значно зменшилася. За першого строку сівби вона коливалася від 178 г у сорту Мавка до 209 г – у сорту Панна. За другого строку сівби цей показник ще зменшився і коливався відповідно у межах 177-199 г.

Маса зерна з однієї рослини за першого строку сівби у сорту Первомайська становила 7,67 г, у сорту Докучаєвська – 7,70 г, у сорту Мавка – 5,23 і у сорту Панна – 3,66 г. За другого строку сівби у сортів Первомайська, Докучаєвська і Мавка спостерігалось зниження маси зерна з однієї рослини відповідно до 4,03, 4,09 і 4,46 г, тоді як у сорту Панна вона збільшилася до 3,82 г у порівнянні з першим строком посіву.

У середньому за 2019-2021 рр. досліджень кількість бобів за першого строку сівби найбільшою виявилася у сорту Первомайська – 7,2 шт., а найменшою – у сорту Панна – 5,9 шт. За другого строку сівби спостерігалось зменшення кількості бобів на одній рослині у сортів Первомайська і Докучаєвська до 5,7 шт., а у сортів Мавка і Панна дещо збільшилася до 7,0 і 6,0 шт.

Кількість зерен на одній рослині за першого строку сівби у сортів Первомайська і Докучаєвська сягала 27,3 і 27,2 шт., а у сортів Мавка і Панна – 24,8 і 15,9 шт. відповідно. За другого строку сівби спостерігалось зменшення кількості сформованих зерен у сорту

Первомайська і Докучаєвська до 19,4 і 18,7 шт., тоді як у сортів Мавка і Панна вона зросла до 25,2 і 19,3 шт. відповідно. Кількість зерен у бобі за першого строку сівби у сортів Первомайська, Докучаєвська і Мавка коливалася у межах 3,7-3,8 шт., а у сорту Панна була меншою – 2,7 шт. За другого строку сівби кількість зерен у бобі у сортів Первомайська, Докучаєвська і Мавка зменшилася до 3,3-3,6 шт., а у сорту Панна збільшилася до 3,2 шт.

Маса 1000 зерен незалежно від строків сівби у сортів Первомайська і Докучаєвська була майже на однаковому рівні – 226 – 229 г. У сорту Мавка за другого строку сівби маса 1000 зерен – 217 г виявилася більшою, ніж за першого строку сівби – 210 г. У сорту Панна маса 1000 зерен за другого строку сівби становила 248 г, тоді як за першого строку – 256 г.

Маса зерна з однієї рослини за першого строку сівби у сорту Первомайська становила 6,25 г, у сорту Докучаєвська – 5,88, у сорту Мавка – 5,21 і у сорту Панна – 4,04 г. За другого строку сівби маса зерна з однієї рослини у сортів Первомайська і Докучаєвська знизилася до 4,44 і 4,27 г, а у сортів Мавка і Панна зросла до 5,47 і 4,81 г відповідно.

Результатами наших досліджень встановлено, що сортові особливості квасолі звичайної та строки сівби вплинули врожайність зерна квасолі (табл. 5).

У 2019 р. за першого строку сівби сорти квасолі Первомайська, Докучаєвська і Мавка сформували врожайність на рівні 1,69, 1,65 і 1,66 т/га відповідно; у сорту Панна вона виявилася меншою – 1,14 т/га. За другого строку сівби спостерігалось зменшення врожайності сортів Первомайська і Докучаєвська до 1,31 і 1,22 т/га. У сорту Мавка врожайність майже не змінилася – 1,67 т/га, а у сорту Панна зросла до 1,33 т/га.

У 2020 р. врожайність квасолі виявилася високою. За першого строку сівби у сорту Первомайська вона становила 2,33 т/га, у сорту Докучаєвська – 1,93, у сорту Мавка – 1,81 і у сорту Панна – 1,74 т/га. За другого строку сівби сорти Первомайська і Докучаєвська зменшили врожайність до 1,74 і 1,77 т/га, а сорти Мавка і Панна збільшили – до 2,27 і 2,22 т/га відповідно.

У 2021 р. за першого строку сівби урожайність сортів квасолі була такою: Первомайська – 1,80 т/га, Докучаєвська – 1,69, Мавка – 1,57 і Панна – 1,09 т/га; за другого строку сівби у сортів Первомайська, Докучаєвська і Мавка вона відповідно знизилася до 1,12, 1,11, 1,23 т/га, а у сорту Панна майже не змінилася – 1,10 т/га.

5. Урожайність сортів квасолі залежно від строків сівби, т/га

Строки сівби (фактор А)	Сорти (фактор Б)	Роки досліджень			Середнє за фактором Б	Середнє за фактором А
		2019	2020	2021		
І (5 травня)	Первомайська	1,69	2,33	1,80	1,94	1,67
	Докучаєвська	1,65	1,93	1,69	1,76	
	Мавка	1,66	1,81	1,57	1,68	
	Панна	1,14	1,74	1,09	1,32	
ІІ (15 травня)	Первомайська	1,31	1,74	1,12	1,39	1,50
	Докучаєвська	1,22	1,77	1,11	1,36	
	Мавка	1,67	2,27	1,23	1,72	
	Панна	1,33	2,22	1,10	1,55	
НІР ₀₅ А		0,03	0,05	0,04		
НІР ₀₅ Б		0,05	0,06	0,05		

У середньому за три роки досліджень перший строк сівби виявився більш сприятливим для сортів Первомайська і Докучаєвська, врожайність яких становила 1,94 і 1,76 т/га; у сортів Мавка і Панна вона була меншою – 1,68 і 1,32 т/га відповідно. За другого строку посіву краща врожайність відмічена у сортів Мавка і Панна – 1,72 і 1,55 т/га, тоді як сорти Первомайська і Докучаєвська знизили її до 1,39 і 1,36 т/га відповідно. Середня врожайність квасолі в цілому по строках посіву становила: перший – 1,67 і другий – 1,50 т/га.

Висновки. Таким чином, на основі трирічних досліджень встановлено, що у Східному Лісостепу України квасоллю сортів Первомайська і Докучаєвська доцільно висівати в середині першої декади, а сортів Мавка і Панна – у середині другої декади травня.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- Околюшко Ю.В. Вплив способу сівби та норм висіву на масу 1000 насінин квасолі. *Збірник наукових праць Подільського державного аграрно-технічного університету*. Кам'янець-Подільський, 2004. Вип. 12. С. 110-112.
- Пархуць Б.І. Вплив удобрення та способів сівби на урожайність та якість зерна квасолі звичайної. *Вісник Львівськ. ДАУ. Сер. «Агрономія»*. 2005. №9. С. 427-431.
- Голодна В.Ф., Акуленко В.В., Столяр О.О. Формування продуктивності квасолі звичайної залежно від елементів технології вирощування в північній частині Лісостепу. *Збірник наук. праць ННЦ «Ін-т землеробства НААН»*. 2013. Вип. 1-2. С. 120-124.
- Петриченко В.Ф., Мовчан К.І. Вплив способу сівби та густоти рослин на зону плодоношення та урожайність квасолі

звичайної. *Корми і кормовиробництво*: міжвід. темат. наук. зб. Вінниця, 2013. Вип. 75. С. 3-11.

5. Оліфірович С.Й., Оліфірович В.О. Урожайність вітчизняних сортів квасолі звичайної (зернової) в умовах південної частини Лісостепу Західного. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2020. Вип. 68 (І). С. 162–175. doi: 10.32636/01308521.2020-(68)-1-12.

6. Панчишин В.З., Стоцька С.В., Мойсієнко В.В., Фоміна О.П. Продуктивність квасолі звичайної (*Phaseolus vulgaris*) залежно від елементів технології вирощування. *Таврійський наук. вісник*. 2021. Вип. 118. С. 145–151. doi: 10.32851/2226-0099.2021.118.18.

7. Didur I., Chynchyk O., Patsyryeva H. et. al. Effect of fertilizers for *Phaseolus vulgaris* L. productivity in Western Forest-Steppe of Ukraine. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2021. Vol. 11, Iss. 1. P. 419–424. doi: 10.15421/2021_61.

8. Поташова Л.М., Поташов Ю.М. Вплив способів допосівної обробки насіння і погодних умов на врожайність штамбових сортів квасолі. *Вісник ХНАУ. Серія «Рослинництво, селекція і насінництво, плодоовочівництво і зберігання»*. Харків: ХНАУ, 2019. Вип.1. С. 125-132.

9. Поташова Л.М., Воропай Ю.В., Дімов В.Д. Урожайність квасолі залежно від інокуляції насіння та рядкового внесення добрив у Східному Лісостепу України. *Рослинництво, селекція і насінництво, плодоовочівництво*: журнал. Харків: ДБТУ, 2024. Вип 1. С. 64-76.

10. Овчарук О.В., Околюдько Ю.В., Степась А.В. Урожайність квасолі звичайної та вихід білка залежно від сортів, строків сівби і строків збирання в умовах південної частини Західного Лісостепу. *Зб. наук. праць ПДАТУ*. Кам'янець-Подільський, 2012. Вип. 20. С. 47-52.

11. Мовчан К.І. Вплив способу сівби та густоти рослин на тривалість міжфазних періодів і урожайність квасолі звичайної в умовах правобережного Лісостепу України. *Зб. наук. праць Ін-ту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН*. Київ: Корзун, 2014. Вип. 21. С. 96-100.

12. Воронецька І.С., Мовчан К.І. Особливості формування генеративних органів квасолі звичайної залежно від способу сівби та густоти рослин в умовах Правобережного Лісостепу України. *Вісник аграр. науки*. 2014. № 4. С. 14-18.

13. Яковенко Т.М., Почколіна С.В. Вплив строків сівби на якість зерна квасолі звичайної в умовах південного степу України. *Аграр. вісник Причорномор'я*: зб. наук. праць, 1999. Вип. 3 (6). С. 340-343.

14. Овчарук О.В. Вплив сорту та строків сівби на фотосинтетичну продуктивність квасолі в умовах Лісостепу Західного. *Зб. наук. праць Вінницьк. НАУ*. Вінниця, 2012. Вип. 6 (68). С. 113-119.

15. Овчарук О.В. Теоретичне обґрунтування і агротехнічні основи продукційного процесу квасолі в умовах Правобережного Лісостепу України. Дис. на здоб. наук. ступеня доктора с.-г. наук. Кам'янець-Подільський. 2016. 397 с.

16. Овчарук О. В., Овчарук В. І., Ткач О. В., Рудь А. В. Показники схожості насіння при проростанні квасолі, звичайної залежно від різних погоднокліматичних умов. *Таврійський науковий вісник*. 2023. Вип. 131. С. 168–174. doi: <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2023.131.21>.

17. Овчарук О.В., Каленська С.М., Мирна М.М. та ін. Вплив строків сівби на ріст та врожайність рослин квасолі звичайної. *Збірник наукових праць УНУС*. 2024. Вип. 104. Ч.1. С. 161–170. doi: 10.32782/2415-8240-2024-104-1-161-170.

18. Методика наукових досліджень в агрономії / Ермантраут В.Р., Бобро М.А., Гопцій Т.І. та ін. Харків: ХНАУ, 2008. 63 с.

19. Методика проведення експертизи сортів рослин групи зернових, круп'яних та зернобобових на придатність до поширення в Україні. К., 2016. 81 с.

20. Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості: ДСТУ 4138-2002. Київ: Держспоживстандарт України, 2003. 173 с. (Національні стандарти України).

REFERENCES

1. Okolodko Y.V. (2004) Influence of sowing method and seeding rates on the weight of 1000 bean seeds. Collection of scientific papers of Podilskyi State Agrarian and Technical University. Kamianets-Podilskyi, Issue 12, P. 110-112.

2. Parkhuts B.I. (2005) Influence of fertilization and sowing methods on the yield and quality of common bean grain. Bulletin of Lviv. DAU. Series "Agronomy", № 9, P. 427-431.

3. Golodna V.F., Akulenko V.V., Stolyar O.O. (2013) Formation of common bean productivity depending on the elements of cultivation technology in the northern part of the Forest-Steppe. Collection of scientific works of the National Research Center "Institute of Agriculture NAAS", Issues 1-2, P. 120-124.

4. Petrychenko V.F., Movchan K.I. (2013) Influence of sowing method and plant density on the fruiting zone and yield of common bean. Fodder and fodder production: interdepartmental thematic scientific collection. Vinnytsia, Issue 75, P. 3-11.

5. Olifirovych S.Y., Olifirovych V.O. (2020) Yield of domestic

varieties of common bean (grain) in the conditions of the southern part of the Western Forest-Steppe. Foothill and mountain agriculture and animal husbandry, Issue 68 (I), P. 162-175. doi: 10.32636/01308521.2020-(68)-1-12

6. Panchyshyn V.Z., Stotska S.V., Moisienko V.V., Fomina O.P. (2021) Productivity of common bean (*Phaseolus vulgaris*) depending on the elements of cultivation technology. Tavriyskyi nauk. vestnyk. Issue 118. P. 145-151. doi: 10.32851/2226-0099.2021.118.18.

7. Didur I., Chynchyk O., Pantsyрева H. et. al. (2021) Effect of fertilizers for *Phaseolus vulgaris* L. productivity in Western Forest-Steppe of Ukraine. Ukrainian Journal of Ecology. Vol. 11, Iss. 1. P. 419-424. doi: 10.15421/2021_61.

8. Potashova L.M., Potashov Y.M. (2019) Influence of pre-sowing seed treatment methods and weather conditions on the yield of standard bean varieties. Bulletin of KhNAU. Series "Plant growing, breeding and seed production, fruit and vegetable growing and storage". Kharkiv: KHNAU, Issue 1. P. 125-132.

9. Potashova L.M., Voropai Y.V., Dimov V.D. (2024) Bean yield depending on seed inoculation and row fertilization in the Eastern Forest-Steppe of Ukraine. Plant growing, breeding and seed production, fruit and vegetable growing: a journal. Kharkiv: SBTU, Issue 1. P. 64-76.

10. Ovcharuk O.V., Okolodko Y.V., Stepas A.V. (2012) Common bean yield and protein yield depending on varieties, sowing dates and harvesting dates in the southern part of the Western Forest-Steppe. Collection of scientific works of PADTU. Kamianets-Podilskyi, Issue 20. P. 47-52.

11. Movchan K.I. (2014) Influence of sowing method and plant density on the duration of interphase periods and yield of common bean in the conditions of the right-bank forest-steppe of Ukraine. Collection of scientific works of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet NAAS. Kyiv: Korzun, Issue 21. P. 96-100.

12. Voronetska I.S., Movchan K.I. (2014) Features of the formation of generative organs of common bean depending on the method of sowing and plant density in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. Bulletin of Agrarian Science. № 4. P. 14-18.

13. Yakovenko T.M., Pochkolina S.V. (1999) Influence of sowing terms on the quality of common bean grain in the conditions of the southern steppe of Ukraine. Agrarian Bulletin of the Black Sea Region: a collection of scientific papers, Issue 3 (6). P. 340-343.

14. Ovcharuk O.V. (2012) Influence of variety and sowing time on photosynthetic productivity of beans in the conditions of the Western Forest-Steppe. Collection of scientific works of Vinnytsia. NAU. Vinnytsia, Issue 6 (68). P. 113-119.

15. Ovcharuk O.V. (2016) Theoretical substantiation and

agrotechnical bases of bean production process in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. Thesis for the degree of Doctor of Agricultural Sciences. Kamianets-Podilskyi. 397 p.

16. Ovcharuk O.V, Ovcharuk V.I, Tkach O.V, Rud A.V (2023) Indicators of seed germination during germination of common beans depending on different weather and climatic conditions. Tavrian Scientific Bulletin. Issue 131. P. 168-174. doi <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2023.131.21>.

17. Ovcharuk O.V., Kalenska S.M., Myrna M.M., Ovcharuk V.I., Tkach O.V., Kravchenko V.S., Krykun S.P. (2024) Influence of sowing dates on the growth and yield of common bean plants. Collection of scientific works of UNUS. Issue 104. Ч.1. P. 161-170. doi: 10.32782/2415-8240-2024-104-1-161-170.

18. Ehrmantraut V.R., Bobro M.A., Goptsiy T.I., Ogurtsov E.M., Prysyzhnyuk O.I., Shevchenko I.L., ... Rozhkov A.O. (2008). Methods of scientific research in agronomy. Kharkiv: KHNAU 63 p.

19. Methodology for examination of plant varieties of cereals, cereals and legumes for their suitability for distribution in Ukraine. (2016). Kyiv, 81 p.

20. Crop seeds. Methods of quality determination: [State Standard 4138- 2002](#) 4138- 2002 (2003). Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy. 173 p.

L. Potashova, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor
State Biotechnology University, Kharkiv, Ukraine

Influence of sowing dates on yield formation of bean varieties in the Eastern Forest-Steppe of Ukraine

Introduction. An important agrotechnical measure in the technology of growing common bean grain is the optimization of sowing dates. Successfully selected sowing dates make it possible to obtain friendly seedlings, contribute to the timely passage of phenological phases and uniformity of harvest ripening. Early sowed bean crops are characterized by slow development and damage caused by temporary drops in temperature, which leads to the death of some plants and thinning of crops. With late sowing dates, the soil dries out and bean seedlings appear unevenly. In the Eastern Forest-Steppe of Ukraine, no studies have been conducted on the effect of sowing dates on the growth and yield of modern bean varieties, which makes this work relevant.

Materials and methods of research. The formation of bean grain productivity depending on the sowing time in the Eastern Forest-Steppe was carried out during 2019-2021 on the basis of the Research Center “Experimental Field”. The research scheme provided for the study of the effect of two factors: sowing dates - May 5 and May 15 (factor A); bean varieties - Pervomaiska, Dokuchaevska, Mavka, Panna (factor B). The arrangement of variants is systematic, replicated four times. The total area of the plot is 10 m², the accounting area is 6 m². The predecessor was spring wheat. Sowing was carried out in a wide-row method with a row spacing of 45 cm. The seeding rate was 500 thousand seeds per hectare.

Research results and their discussion. On average, over the three years of research, the

highest seedling density and field germination of seeds at the first sowing date were observed in Mavka and Panna varieties - 43.7 and 42.7 pcs./m² and 87.4 and 85.4%, respectively. In the varieties Pervomaiskaya and Dokuchaevskaya, these figures were 41.3 and 41.5 pcs./m² and 82.6 and 83.0%, respectively. At the second sowing term, seedling density and field germination of seeds slightly decreased in Pervomaiskaya, Dokuchaevskaya and Mavka varieties, and increased in Panna variety. The highest plant survival was observed at the first sowing date. It reached 91.5% in the Pervomaiskaya variety, 90.2% in the Dokuchaevskaya variety, 85.6% in the Mavka variety, and 88.8% in the Panna variety. During the second sowing period, the survival rate of plants in bean varieties was lower: Pervomaiskaya - 88.2%, Dokuchaevskaya - 88.3, Mavka - 84.6, Panna - 80.0%.

On average, over the years of research, the number of beans in the first sowing period was the highest in Pervomaiskaya variety - 7.2 pcs. and the lowest in Panna variety - 5.9 pcs. During the second sowing period, the number of beans per plant decreased in Pervomaiska and Dokuchaevska to 5.7 pcs, and in Mavka and Panna varieties it slightly increased to 7.0 and 6.0 pcs. The number of grains per plant in the first sowing period in Pervomaiskaya and Dokuchaevskaya varieties reached 27.3 and 27.2, and in Mavka and Panna varieties - 24.8 and 15.9, respectively. At the second sowing date, a decrease in the number of formed grains was observed in Pervomaiskaya and Dokuchaevskaya varieties to 19.4 and 18.7, while in Mavka and Panna varieties it increased to 25.2 and 19.3, respectively. The weight of 1000 grains, regardless of the sowing date, in Pervomaiskaya and Dokuchaevskaya varieties was almost at the same level - 226 - 229 g. In the variety Mavka, at the second sowing date, the weight of 1000 grains - 217 g - was higher than at the first sowing date - 210 g. In the variety Panna, the weight of 1000 grains at the second sowing date was 248 g, while at the first sowing date it was 256 g.

On average, over the years of research, the first sowing term was more favorable for Pervomaiskaya and Dokuchaevskaya varieties, with yields of 1.94 and 1.76 t/ha; Mavka and Panna varieties had lower yields of 1.68 and 1.32 t/ha, respectively. During the second sowing period, the best yields were observed in Mavka and Panna varieties - 1.72 and 1.55 t/ha, while Pervomayskaya and Dokuchaevskaya varieties reduced it to 1.39 and 1.36 ha, respectively.

Conclusions. Thus, based on three years of research, it was found that in the Eastern Forest-Steppe of Ukraine, it is advisable to sow beans of Pervomaiskaya and Dokuchaevskaya varieties in the middle of the first decade of May, and Mavka and Panna varieties in the middle of the second decade of May.

Keywords: sowing dates, bean varieties, field germination of seeds, plant survival, crop structure, yield.

УДК 633.52:613.5

DOI 10.5281/zenodo.18492264

А.О. Рожков, доктор с.-г. наук, професор
О.О. Лошак, аспірант кафедри рослинництва
Є.М. Огурцов, канд. с.-г. наук, доцент
В.Г. Міхєєв, канд. с.-г. наук, доцент
Державний біотехнологічний університет, Харків, Україна

ВПЛИВ СТРОКІВ СІВБИ ТА ПЕРЕДПОСІВНОЇ ОБРОБКИ НАСІННЯ НА ПОЛЬОВУ СХОЖІСТЬ І ВРОЖАЙНІСТЬ РОСЛИН СОЇ СОРТІВ РІЗНОГО ВЕГЕТАЦІЙНОГО ПЕРІОДУ

Метою досліджень був пошук шляхів повнішої реалізації генетичного потенціалу сучасних сортів сої залежно від строків сівби та підвищення їх стійкості, як біологічного об'єкта, до впливу несприятливих умов довкілля за рахунок застосування сучасних регуляторів росту.

Дослідження проводили в 2018, 2019 і 2021 рр. на базі дослідного поля ХНАУ ім. В.В. Докучаєва. Дослід закладали за допомогою методу розщеплених ділянок у чотирьох повтореннях за загальноприйнятою методикою. Ділянками першого порядку (чинник *A*) були три сорти сої: Аннушка, Кобза і Мальвіна; другого порядку (чинник *B*) – три варіанти строку сівби: ранній (6–8 °C), середній (10–12 °C) і пізній (14–16 °C); третього порядку (чинник *C*) – 5 варіантів обробки насіння препаратами з різною активною основою: 1 – без обробки (контроль); 2 – Гумісол, 3 і 4 – Адаптофіт і Ріст-концентрат (морфорегулятори) відповідно; 5 – Фундазол (фунгіцид).

Значний вплив на густоту рослин сої у фазу повних сходів чинили сортові особливості. У середньому за досліджуваними факторами найвищою була густота рослин сої сорту Аннушка – 67,5 шт./м². Кращий показник густоти сходів був у варіанті середнього строку сівби (10–12 °C) – 60,1 шт./м², що на 0,6 і 2,8 шт./м² вище, ніж за раннього й пізнього строку сівби відповідно. Більших змін густота рослин зазнавала за впливу передпосівної обробки насіння. Найбільша густота сходів була на варіантах передпосівної обробки насіння препаратом Адаптофітом – 61,0 шт./м². Густота рослин сої перед збиранням найбільшою була також у цьому варіанті.

Польова схожість насіння в середньому за досліджуваними факторами, найвищою була у рослин сої сорту Кобза – 85,5 %, що на 1,0 і 0,8 % вище, ніж у сортів Аннушка і Мальвіна відповідно. В усіх сортів польова схожість насіння найвищою була за середнього строку сівби (температура ґрунту 10–12 °C) – 85,4 % у сорту Аннушка, 87,0 % у сорту Кобза і 85,8 % у сорту Мальвіна.

Значний вплив на польову схожість насіння мали досліджувані варіанти передпосівної обробки насіння. Так, за рахунок проведення передпосівної обробки насіння регуляторами росту Адаптофітом і Ріст-концентратом польова схожість насіння порівняно з контролем підвищувалася на 4,9 і 4,3 % відповідно.

У середньому за роками досліджень, найвища врожайність зерна формувалася в сорту сої Кобза у варіанті сполучення середнього строку сівби і передпосівної обробки насіння регулятором росту Ріст-концентратом – 2,48 т/га.

Встановлено значний вплив передпосівної обробки насіння на врожайність зерна. За рахунок проведення передпосівної обробки насіння регуляторами росту Рост-концентратом і Адаптофітом урожайність зерна у середньому за роками, сортами та строками сівби зростала на 0,38 і 0,37 т/га відповідно. Вплив досліджуваних варіантів строку сівби був найменшим проте істотним. У середньому за іншими факторами врожайність зерна сої найвищою була за середнього строку сівби – 1,95 т/га, що на 0,22 і 0,17 т/га вище порівняно з раннім і пізнім строками сівби відповідно.

Ключові слова: соя, сорт, строк сівби, передпосівна обробка насіння, польова схожість, урожайність.

Вступ. Для розкриття генетичного потенціалу продуктивності нових сортів сої важливим є застосування оптимальних для них елементів агротехніки з урахуванням їх біологічних потреб. Серед факторів, що визначають продуктивність сої, важливе значення належить посівній агротехніці зокрема, строкам сівби які сприяють кращому росту, розвитку та формуванню високої продуктивності рослин і посівів. Також важливу роль відіграє передпосівна обробка насіння регуляторами росту, яка активізує його проростання, підвищує стійкість сходів до несприятливих факторів навколишнього середовища, насамперед низьких або високих температур, що дозволяє сіяти її раніше рекомендованих строків [1, 18].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В Україні на сьогодні немає єдиних рекомендацій щодо оптимального строку сівби сої. За даними однієї групи вчених, при встановленні оптимального строку сівби необхідно керуватися календарним строком сівби і сіяти сою за прогрівання ґрунту на глибині загортання насіння (4–5 см) до 12–14 °C [2, 4]. Друга група вчених вважає, що оптимальний строк сівби необхідно встановлювати за показником рівня температурного режиму на глибині 10 і навіть 20 см [3, 5]. Третя група вчених рекомендує визначати оптимальні строки сівби сої з урахуванням характеру весни [6, 11]. При цьому більшість вчених сходяться на думці, що до встановлення строків сівби сої необхідно підходити диференційовано, в першу чергу, залежно від ґрунтово-кліматичної зони [1, 8, 13, 17].

Одним з резервів підвищення врожайності сої є застосування сучасних регуляторів росту рослин і бактеріальних препаратів, що не потребує значних матеріальних затрат однак забезпечує високий результат [7, 12]. Застосування сучасних регуляторів росту за ефективністю можна прирівняти до дії мінеральних добрив з нормою внесення 15–30 кг/га д. р., що може сприяти зниженню потреб у них до 20 % [9, 19].

Застосування таких речовин на сьогодні є перспективним для підвищення продуктивності сільськогосподарських культур, які покращують ріст і розвиток рослин [10, 14]. Ці препарати підвищують

стійкість рослин до дії стресових факторів, стимулюють ріст і розвиток рослин, підвищують якість урожаю [9, 17]. Інокуляція насіння сої сприяє залученню у кругообіг атмосферного азоту, що призводить до підвищення врожайності на 15–20 % [7, 3]. Крім того, застосування регуляторів росту рослин і бактеріальних препаратів сприяє зниженню ураженості рослин грибковими та бактеріальними хворобами [10, 19].

За рахунок застосування регуляторів росту врожайність зерна і вегетативної маси бобових культур можна підвищити на 40 і 30 % відповідно. Також доведено, що їх застосування прискорює ріст і розвиток рослин до фази цвітіння і подовженню дозрівання насіння [18, 20].

За останні 10–15 років на основі найновітніших наукових досягнень у хімії та біології було створено принципово нові, високоефективні регулятори росту рослин, здатні істотно підвищувати врожаї сільськогосподарських культур. Основним призначенням більшості регуляторів росту рослин є підвищення врожайності та стійкості рослин проти комплексу несприятливих факторів навколишнього середовища: значних перепадів температур, дефіциту вологи, токсичної дії пестицидів, ураження хворобами і пошкодження шкідниками.

Незважаючи на великі можливості регуляторів росту, їх застосування залишається на низькому рівні, що може бути пов'язано з недостатнім ознайомленням фахівців з механізмами впливу на рослини і їх здатністю істотно підвищувати врожайність [2, 12].

Виходячи з цього, мета наших досліджень полягала в пошуках шляхів реалізації генетичного потенціалу сучасних сортів сої української селекції залежно від строків сівби та підвищення їх стійкості, як біологічного об'єкта, до впливу несприятливих умов довкілля за рахунок застосування сучасних регуляторів росту.

Матеріали і методи досліджень. Дослідження проводили на дослідному полі ХНАУ ім. В.В. Докучаєва, розташованого в південно-східній частині Харкова на четвертій терасі р. Уди з найвищою точкою над рівнем моря 177,5 м. Ґрунт у сівоzmіні на якій закладали польові досліді – чорнозем типовий змитий малогумусований важко-суглинковий на карбонатному лесі. Рельєф полів, де розташовували дослідні ділянки, має рівне водорозділове плато із слабо пологим схилом [16].

Досліді закладали методом розщеплених ділянок у чотирьох повтореннях за загальноприйнятими методиками [15]. Ділянками першого порядку були три сорти сої різної групи стиглості (чинник А): ультра- ранній сорт Аннушка (період вегетації 75–85 діб), ранньостиглий сорт Кобза (період вегетації 94–98 діб) і середньостиглий сорт Мальвіна (період вегетації 110–115 діб).

Ділянками другого порядку були три строки сівби (чинник *B*): ранній (температура ґрунту 6–8 °C), середній (10–12 °C), пізній (14–16 °C). Ділянками третього порядку виступали п'ять варіантів передпосівної обробки насіння: 1 – контроль (без обробки); 2 – обробка насіння біопрепаратом Гумісолом; 3 і 4 – обробка насіння регуляторами росту Адаптофітом і Рост-концентратом відповідно; 5 – обробка насіння фунгіцидом Фундазолом.

Со́я є культурою дуже вимогливою до гідротермічних умов вирощування [12]. У роки досліджень вони істотно відрізнялися від показників кліматичної норми, що дозволило більш об'єктивно визначити вплив досліджуваних чинників.

У 2018 р. період сівба-сходи проходив за достатнього вмісту вологи в ґрунті за рахунок березневих опадів. У подальшому, галушення та бутонізація рослин сої проходили в сухих умовах з коливанням гідротермічного показника від 0,0 до 0,3. Періоди цвітіння та утворення бобів проходили у сухих та посушливих умовах (ГТК коливався у межах від 0,13 до 0,84). Проходження фази наливу насіння відбувалося також за посушливих умов, що призводило до абортатії зерна і бобів. У середньому за вегетацію сої в 2018 р., ГТК становив лише 0,34, що характеризує умови вегетації як сухі ($0,5 < \text{ГТК}$).

У 2019 р. весна була сприятливою для початкового росту і розвитку рослин сої – у квітні випало 44,5 мм опадів (127,1 % від норми), у травні – 43,4 мм (88,6 % від норми), що сприяло задовільному проходженню фази бутонізації, але пізніше – в червні та липні випало лише 15,2 і 38,8 мм опадів або 25,8 і 54,6 % від норми відповідно. У подальшому погодні умови були ще більш несприятливі. У серпні температура повітря вдень досягала 33,8 °C, що за відсутності опадів негативно вплинуло на процеси формування бобів і призводило до їх абортатії. Звісно це спричиняло зниження врожайності зерна, особливо за ранніх строків сівби. У середньому за вегетацію рослин сої в 2019 р., ГТК становив 0,52, що визначало умови вегетації, як посушливі.

На початку вегетації сої в 2021 р. склалися достатньо сприятливі погодні умови, що сприяло доброму проростанню насіння. Середньодобова температура повітря в червні становила 20,0 °C, а за місяць випало 81,9 мм опадів (138,8 % від норми). Однак у подальшому погодні умови негативно впливали на ріст і розвиток сої. Спека (середньодобова температура в липні становила 26,4 °C) і гостра посуха (у липні випало лише 16 мм опадів або 25 % від норми) негативно вплинули на ріст і розвиток рослин. Разом з тим, за рахунок рясних опадів на початкових етапах росту та розвитку, ГТК у середньому за вегетацію становив 1,03, що характеризувало її умови як достатньо зволожені ($1,0 < \text{ГТК} < 1,3$).

Результати досліджень та їх обговорення. Значний вплив на

густоту рослин сої в фазу повних сходів мали сортові особливості. Так, у середньому по досліді, найвища густина рослин була в сорту Аннушка – 67,5 шт./м², найнижчою – у сорту Мальвіна – 50,7 шт./м² (розбіжність становила – 25 %).

Дослідженнями встановлено вплив строків сівби на густоту сходів сої. У середньому за 2018, 2019 і 2021 рр. густина сходів сої за впливу дослід-жуваних факторів варіювала в межах від 48 до 70 шт./м² (табл. 1). Найвищою густина сходів була на варіантах середнього строку сівби (температура ґрунту 10–12 °С). Зокрема, у середньому по роках, сортах і варіантах передпосівної обробки насіння вона становила 60,1 шт./м², що на 0,6 і 2,8 шт./м² вище порівняно з раннім та пізнім строком відповідно.

1. Вплив сорту, строків сівби і передпосівного оброблення насіння на польову схожість та збереженість рослин сої (середнє за 2018, 2019, 2021 р.)

Сорт (фактор А)	Строки сівби (фактор В)	Передпосівна обробка насіння (фактор С)	Густина рослин, шт. /м ²		Польова схожість насіння, %	Вживаність, %
			сходи	повна стиглість		
1	2	3	4	5	6	7
Аннушка	ранній (6–8 °С)	Без оброблення	66	57	82	86
		Гумісол	68	59	85	87
		Адаптофіт	70	62	88	94
		Рост-концентрат	70	61	87	93
		Фундазол	67	62	84	93
	середній (10–12 °С)	Без оброблення	66	58	83	88
		Гумісол	69	62	86	90
		Адаптофіт	70	67	88	95
		Рост-концентрат	70	60	87	95
		Фундазол	66	62	83	93
	пізній (14–16 °С)	Без оброблення	64	56	80	88
		Гумісол	66	59	83	89
		Адаптофіт	68	64	85	94
		Рост-концентрат	68	65	85	95
		Фундазол	65	59	81	91
Кобза	ранній (6–8 °С)	Без оброблення	58	50	83	85
		Гумісол	60	54	85	90
		Адаптофіт	61	57	87	93
		Рост-концентрат	61	55	87	90
		Фундазол	60	54	85	90
Кобза	середній (10–12 °С)	Без оброблення	60	52	85	87
		Гумісол	61	57	87	93
		Адаптофіт	62	59	89	95
		Рост-концентрат	62	58	88	94
		Фундазол	60	56	86	93
	пізній	Без оброблення	58	50	83	86

	(14–16 °C)	Гумісол	59	54	84	91
		Адаптофіт	62	52	86	92
		Рост-концентрат	60	55	85	93
		Фундазол	58	52	83	90
Мальвіна	ранній (6–8 °C)	Без оброблення	49	42	82	89
		Гумісол	51	47	85	92
		Адаптофіт	52	49	88	94
		Рост-концентрат	52	49	87	94
		Фундазол	51	47	85	93
	середній (10–12 °C)	Без оброблення	49	45	83	91
		Гумісол	51	47	85	92
		Адаптофіт	53	51	89	96
		Рост-концентрат	53	51	88	95
		Фундазол	50	48	84	93
	пізній (14–16 °C)	Без оброблення	48	43	80	90
		Гумісол	50	45	83	90
		Адаптофіт	51	47	85	92
		Рост-концентрат	52	47	86	91
		Фундазол	49	44	81	90
Середнє за фактором <i>A</i>		Аннушка	67,5	60,9	84,5	91,4
		Кобза	60,1	54,3	85,5	90,8
		Мальвіна	50,7	46,8	84,7	92,1
Середнє за фактором <i>B</i>		Ранній	59,7	53,7	85,3	90,9
		Середній	60,1	55,5	86,1	92,7
		Пізній	58,5	52,8	83,3	90,8
Середнє за фактором <i>C</i>		Без оброблення	57,6	50,3	82,3	87,8
		Гумісол	59,4	53,8	84,8	90,4
		Адаптофіт	61,0	56,4	87,2	93,9
		Рост-концентрат	60,9	55,7	86,7	93,3
		Фундазол	58,4	53,8	83,6	91,8

Значний вплив на густоту сходів сої чинили досліджувані варіанти передпосівної обробки насіння. У цілому по досліді, найбільша густота сходів у середньому за три роки, була у варіанті обробки насіння Адаптофітом – 61,0 шт./м². Серед досліджуваних препаратів для обробки насіння, з точки зору густоти сходів найгірший результат показав фунгіцид Фундазол. Разом з тим, густота сходів у варіанті передпосівної обробки насіння цим продуктом була більшою, ніж на контролі.

Подібну тенденцію було виявлено за показником густоти рослин сої перед збиранням врожаю. Найвищою густота рослин перед збиранням була в сої сорту Аннушка у варіанті сполучення середнього строку сівби з проведенням передпосівної обробки насіння регулятором росту Адапто-фітом – 67 шт./м², найменшою – в сої сорту Мальвіна за сполучення раннього строку сівби без обробки насіння – 42 шт./м².

Серед досліджуваних чинників найменший вплив на густоту рослин перед збиранням чинили строки сівби. На варіантах середнього строку сівби густота рослин сої перед збиранням врожаю була на 2,2 і 2,7 шт./м² більшою, ніж на варіантах раннього та пізнього строку сівби відповідно.

У середньому за роками, сортами та строками сівби, густота рослин сої перед збиранням залежно від передпосівної обробки насіння варіювала в діапазоні від 50,3 до 56,4 шт./м². Найбільшою вона була на варіанті передпосівної обробки насіння регулятором Адаптофітом – 56,4 шт./м², що на 6,1 шт./м² вище порівняно з контрольним варіантом (без обробки).

Значний вплив на густоту рослин сої перед збиранням мали сортові особливості. У середньому за роками, строками сівби та досліджуваними варіантами передпосівної обробки насіння, найвищою густота рослин сої перед збиранням була у сорту Аннушка – 60,9 шт./м², що на 6,5 і 14,1 шт./м² вище, ніж у сорту сої Кобза і Мальвіна відповідно.

У результаті проведених досліджень встановлено вплив сортових особливостей на польову схожість насіння. У середньому за досліджуваними факторами, найвищою вона була у сої сорту Кобза – 85,5 %, що на 1,0 і 0,8 % вище, ніж у сортів Аннушка і Мальвіна відповідно.

Строки сівби, хоча і в меншій мірі ніж інші фактори, однак також впливали на польову схожість насіння. Зокрема, польова схожість насіння сортів Аннушка, Кобза і Мальвіна за середнього строку сівби (температура ґрунту 10–12 °С) була на 0,2 %, 1,6 і 0,4 % відповідно вищою, ніж за раннього строку сівби. Ще більша різниця за показниками польової схожості насіння була між середніми та пізніми строками сівби.

Значно більший вплив на польову схожість насіння мали варіанти передпосівної обробки насіння. Так, передпосівна обробка насіння регуляторами росту Адаптофітом і Рост-концентратом, у середньому за роками та сортами, забезпечувала підвищення польової схожості насіння на 4,9 та 4,3 % відповідно порівняно з контролем (без обробки).

Серед досліджуваних факторів найбільший вплив на виживаність рослин мала передпосівна обробка насіння. Всі досліджувані препарати забезпечували істотне підвищення виживаності рослин порівняно з контролем, при цьому найвищою вона була на варіантах випробування регулятору росту Адаптофіт – у середньому за іншими факторами 93,9 %, що на 6,1 % вище порівняно з контролем.

Строки сівби мали менший вплив на виживаність рослин порівняно з передпосівною обробкою насіння. Найвищою виживаність рослин була у варіантах середнього строку сівби – у середньому за роками, сортами та передпосівною обробкою насіння – 92,7 %, що на

1,8 і 1,9 % вище порівняно з раннім та пізнім строками сівби відповідно.

У середньому за роками найвища врожайність зерна в досліді – 2,34 т/га, формувалася у сорту Мальвіна за середнього строку сівби у варіанті передпосівної обробки насіння регулятором росту Рост-концентратом (табл. 2). Приріст порівняно з контролем становив 1,07 т/га. Перевага цього варіанту відмічена в розрізі всіх років.

2. Урожайність зерна сої залежно від сорту, строків сівби та обробки насіння, т/га (середнє за 2018, 2019, 2021 рр.)

Сорти (фактор А)	Строки сівби (фактор В)	Передпосівна обробка насіння (фактор С)	Рік			Середнє за роками
			2018	2019	2021	
1	2	3	4	5	6	7
Аннушка	ранній (6–8 °С)	Без оброблення	1,39	0,90	1,53	1,27
		Гумісол	1,58	1,15	1,77	1,50
		Адаптофіт	1,63	1,31	1,93	1,62
		Рост-концентрат	1,60	1,25	1,87	1,57
		Фундазол	1,53	1,21	1,63	1,46
	середній (10–12 °С)	Без оброблення	1,51	1,29	1,73	1,51
		Гумісол	1,68	1,45	1,97	1,60
		Адаптофіт	1,83	1,67	2,13	1,88
		Рост-концентрат	1,78	1,60	2,07	1,82
		Фундазол	1,60	1,40	1,83	1,61
	пізній (14–16 °С)	Без оброблення	1,37	1,23	1,51	1,37
		Гумісол	1,50	1,38	1,74	1,54
		Адаптофіт	1,69	1,43	1,98	1,70
		Рост-концентрат	1,58	1,35	1,87	1,60
		Фундазол	1,48	1,26	1,68	1,47
Кобза	ранній (6–8 °С)	Без оброблення	1,48	1,37	1,83	1,56
		Гумісол	1,68	1,55	2,07	1,77
		Адаптофіт	1,83	1,71	2,33	1,96
		Рост-концентрат	1,78	1,65	2,27	1,90
		Фундазол	1,53	1,41	2,00	1,65
Кобза	середній (10–12 °С)	Без оброблення	1,77	1,62	2,04	1,81
		Гумісол	1,93	1,77	2,35	2,02
		Адаптофіт	2,11	1,97	2,54	2,21
		Рост-концентрат	2,05	1,91	2,49	2,15
		Фундазол	1,85	1,65	2,20	1,90
	пізній (14–16 °С)	Без оброблення	1,56	1,45	1,83	1,61
		Гумісол	1,71	1,53	2,11	1,78
		Адаптофіт	1,95	1,77	2,35	2,02
		Рост-концентрат	1,88	1,75	2,27	1,97
		Фундазол	1,58	1,46	1,98	1,67
Мальвіна	ранній (6–8 °С)	Без оброблення	1,66	1,54	1,94	1,71
		Гумісол	1,83	1,77	2,25	1,95

		Адаптофіт	2,09	1,82	2,40	2,10
		Рост-концентрат	2,08	1,75	2,37	2,07
		Фундазол	1,73	1,70	2,13	1,85
	середній (10–12 °С)	Без оброблення	1,86	1,75	2,20	1,94
		Гумісол	2,01	1,95	2,44	2,13
		Адаптофіт	2,24	1,98	2,69	2,34
		Рост-концентрат	2,21	2,05	2,64	2,27
		Фундазол	1,87	1,81	2,32	2,00
	пізній (14–16 °С)	Без оброблення	1,69	1,57	1,99	1,75
		Гумісол	1,83	1,77	2,25	1,95
		Адаптофіт	2,09	1,90	2,40	2,13
		Рост-концентрат	2,08	1,80	2,47	2,12
Фундазол		1,67	1,65	2,07	1,80	
Середнє за фактором <i>A</i>	Аннушка	1,58	1,33	1,82	1,57	
	Кобза	1,78	1,70	2,18	1,87	
	Мальвіна	1,93	1,79	2,30	2,01	
Середнє за фактором <i>B</i>	Ранній	1,69	1,47	2,02	1,73	
	Середній	1,89	1,79	2,24	1,95	
	Пізній	1,71	1,55	2,03	1,77	
Середнє за фактором <i>C</i>	Без оброблення	1,59	1,41	1,84	1,61	
	Гумісол	1,75	1,59	2,11	1,80	
	Адаптофіт	1,94	1,73	2,31	2,00	
	Рост-концентрат	1,89	1,79	2,26	1,94	
	Фундазол	1,65	1,51	1,98	1,71	
НІР ₀₅ за факторами: <i>A</i> – 0,15; <i>B</i> – 0,03; <i>C</i> – 0,01; <i>ABC</i> – 0,20						

Найбільший вплив на врожайність зерна сої чинили погодні умови. Найвищою врожайність зерна сої була в погодних умовах більш сприятливого 2021 р. – 1,98 т/га, а найменшою у 2019 р. – 1,51 т/га. Розбіжність між показниками становила 0,47 т/га або понад 30 %.

Серед досліджуваних технологічних факторів більший вплив на врожайність зерна мав фактор сорту. У середньому за роками, строками сівби і варіантами обробки насіння, найвищу врожайність зерна формував сорт сої Мальвіна – 2,01 т/га, що на 0,44 т/га або 28,0 % вище порівняно з сортом Аннушка. Різниця між сортами Кобза та Мальвіна за врожайністю зерна була не істотною – 0,12 т/га за НІР₀₅ по фактору *A* – 0,15 т/га.

Значний вплив на врожайність зерна чинила передпосівна обробка насіння. У середньому за роками, сортами та строками сівби, найвищу врожайність зерна отримали у варіантах передпосівної обробки насіння регуляторами росту Адаптофітом і Рост-концентратом – 2,00 і 1,94 т/га відповідно, що на 0,39 і 0,33 т/га відповідно вище порівняно з контролем.

Розбіжність між показниками врожайності зерна за впливу строків сівби була найменшою при цьому вплив цього фактора був

істотний. Так, на варіантах середнього строку сівби врожайність зерна сої у середньому за іншими факторами була на 0,22 і 0,18 т/га вищою порівняно з раннім і пізнім строком сівби відповідно при HP_{05} по фактору $B - 0,03$ т/га.

Досліджувані сорти сої не однаково реагували на строки сівби і погодні умови років дослідження. У 2018 р. найбільша врожайність досліджуваних сортів була за другого строку сівби – 1,41–1,66 т/га, а найменшою – за пізнього – 1,37–1,55 т/га. У 2019 р. навпаки, найбільшою врожайність була за пізнього строку сівби – 1,23–1,37 т/га.

Висновки. Встановлено значний вплив досліджуваних факторів і їх взаємодії на формування польової схожості насіння, густоти сходів, виживаності та врожайності рослин сої. Найвищі показники густоти сходів були на варіантах середнього строку сівби (температура ґрунту 10–12 °C) і обробці насіння Адаптофітом – 70 шт./м² у сорту Аннушка, 63 шт./м² – у сорту Кобза і 53 шт./м² – у сорту Мальвіна.

У середньому за роками найвищу врожайність зерна – 2,34 т/га, формували посіви сої сорту Мальвіна за середнього строку сівби у варіанті передпосівної обробки насіння регулятором росту Адаптофіт. Приріст урожайності порівняно з контролем становив 1,07 т/га або 31 %. Найвищу врожайність сортів Аннушка і Кобза також отримали за у цьому варіанті строку сівби і обробки насіння – 1,88 і 2,21 т/га відповідно.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бабич А.О., Бабич-Побережна А. А. Селекція, виробництво, торгівля і використання сої у світі. Київ: Аграрна наука, 2011. 548 с.
2. Бабич А., Бахмат М., Бахмат О. Соя: агроекологічні основи вирощування, переробки і використання. Кам'янець-Подільський: ПП «Медобори-2006», 2013. 268 с.
3. Бахмат О.М. Моделювання адаптивної технології вирощування сої. Кам'янець-Подільський, 2012. 436 с.
4. Глупак З.І. Оптимізація густоти стояння рослин сої залежно від групи стиглості сорту для умов північно-східної частини Лісостепу України. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2020. № 2. С. 23–25.
5. Григоренко В.М., Григоренко І.В., Коваленко І.І. Вплив сорту та терміну висіву на урожайність та якість сої в Правобережному лісостепу України. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2019. 15(1). С. 27–33. [DOI: 10.21498/2518-1017.15.1.2019.161169](https://doi.org/10.21498/2518-1017.15.1.2019.161169)
6. Заболотний Г.М., Мазур В.А., Циганська О.І. та ін. Агробіологічні основи вирощування сої та шляхи максимальної реалізації її продуктивності. Вінниця: ВНАУ, 2020. 276 с.

7. Каменєва І.О. Мікробіологічні препарати – ключ до біологізації технології вирощування зернових і бобових культур. *Матеріали Всеукр. наук.-практ. конф. молодих вчених і спеціалістів з проблем виробництва зерна в Україні*, 5–6 березня 2002 р. Дніпропетровськ, 2002. С. 77–78.

8. Кириченко В.В., Рябуха С.С., Кобизєва Л.Н. та ін. Соя (Glycine max (L.) Merr.). Х.: Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва, 2016. 400 с.

9. Міхеєв В.Г. Вплив регуляторів росту й інокуляції насіння на продуктивність фотосинтезу посівів сої. *Вісник ЦНЗ АПВ Харківської обл.* 2012. Вип. 13. С. 172–179.

10. Міхеєв В.Г. Обробка насіння бактеріальними препаратами – важливий елемент технології вирощування сої. *Інноваційні напрямки наукової діяльності молодих вчених у галузі рослинництва: тези доповідей 3-ї Міжнародної наукової конференції*, 20-22 червня 2006 р. Харків, ІР ім. В.В. Юр'єва. Харків, 2006. С. 168–169.

11. Молоков А.В. Продуктивність соняшнику залежно від строків сівби. *Вісник Харківського нац. аграр. ін-ту*. Харків, 2019. № 1. С. 57–66.

12. Огурцов Є.М. Соя у Східному Лісостепу України. Харків, 2008. 270 с.

13. Перепелиця Н.В., Шепітко О.М., Каравай І.В. Вивчення впливу сортів та технології вирощування на урожайність сої. *Bulletin of Sumy National Agrarian University. Agronomy*. 2018. 2(37). С. 49–53. DOI: [10.32845/bsnau.agronomy.2018.2.9](https://doi.org/10.32845/bsnau.agronomy.2018.2.9)

14. Петриченко В.Ф., Лихочвор В.В., Іванюк С.В. Соя. Вінниця: Діло, 2016. 400 с.

15. Рожков А.О., Пузік В.К., Каленська С.М. та ін. Дослідна справа в агрономії: навчальний посібник: у 2 кн. Кн. 1. Теоретичні аспекти дослідної справи / за ред. А.О. Рожкова. Харків: Майдан, 2016. 316 с.

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

17. Шевніков М.Я. Наукові основи вирощування сої в умовах лівобережного Лісостепу України. Полтава, 2007. 208 с.

18. Шевніков М.Я., Міленко О.Г. Польова схожість і виживання рослин сої за різних варіантів фітоценотичної напруги. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: Агрономія і біологія*. 2015. Вип. 9. С. 148–151.

19. Шепілова Т.П., Петренко Д.І., Лещенко С.М., Артеменко Д.Ю. Формування продуктивності сої залежно від строків сівби та

регуляторів росту рослин. *Вісник ПДАА*. 2021. № 4. С. 30–35.

20. Шепілова Т.П. Вплив регуляторів росту на продуктивність сої в умовах Північного Степу України. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2019. № 3. С. 80–84. [doi: 10.31210/visnyk2019.03.10](https://doi.org/10.31210/visnyk2019.03.10)

REFERENCES

1. Babych, A.O. & Babych-Poberezhna, A.A. (2011). Selection, production, trade, and use of soybeans in the world. Kyiv: Agrarian Science. 548 p.
2. Babych, A., Bakhmat, M. & Bakhmat, O. (2013). Soybeans: agroecological foundations of cultivation, processing, and use. Kamianets-Podilskyi: Medobory-2006. 268 p.
3. Bakhmach, O.M. (2012). Modeling of adaptive soybean cultivation technology. Kamianets-Podilskyi. 436 p.
4. Glupak, Z.I. (2020). Optimization of soybean plant density depending on the maturity group of the variety for the conditions of the northeastern part of the Forest-Steppe zone of Ukraine. *Bulletin of Uman National University of Horticulture*. №. 2. P. 23–25.
5. Grygorenko, V.M., Grygorenko, I.V. & Kovalenko, I.I. (2019). Influence of variety and sowing date on soybean yield and quality in the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. *Plant Varieties Studying and Protection*. 15(1). P. 27–33. [DOI: 10.21498/2518-1017.15.1.2019.161169](https://doi.org/10.21498/2518-1017.15.1.2019.161169)
6. Zabolotny, G.M., Mazur, V.A., Tsyganka, O.I. et al. (2020). Agrobiological foundations of soybean cultivation and ways to maximize its productivity. Vinnytsia: VNAU. 276 p.
7. Kameneva I.O. (2002). Microbiological preparations – the key to the biologization of grain and legume cultivation technology. Materials of the All-Ukrainian Scientific and Practical Conference of Young Scientists and Specialists on Grain Production Issues in Ukraine, March 5–6, 2002. Dnipropetrovsk. P. 77–78.
8. Kirichenko, V.V., Ryabukha, S.S., Kobizeva, L.N. et al. (2016). Soybean (*Glycine max (L.) Merr.*). Kharkiv: V. Ya. Yuriev Institute of Plant Growing. 400 p.
9. Mikheev, V.G. (2012). Influence of growth regulators and seed inoculation on photosynthetic productivity of soybean crops. Bulletin of the Central Research Station of the Academy of Agricultural Sciences of Ukraine, Kharkiv Region. Issue 13. P. 172–179.
10. Mikheev, V.G. (2006). Seed treatment with bacterial preparations – an important element of soybean cultivation technology. Innovative directions of scientific activity of young scientists in the field of plant growing: Abstracts of the 3rd International Scientific Conference, June 20–22, 2006. Kharkiv, V.V. Yuriev Institute of Plant Growing: abstracts of

reports. Kharkiv. P. 168–169.

11. Molochok, A.V. (2019). Sunflower productivity depending on sowing dates. *Bulletin of the Kharkiv National Agrarian Institute*. №. 1. P. 57–66.

12. Ogurtsov, E.M. Soybeans in the Eastern Forest-Steppe of Ukraine. Kharkiv, 2008. 270 p.

13. Perehypets, N.V., Shepitko, O.M. & Karavay, I.V. (2018). Study of the influence of varieties and cultivation technology on soybean yield. *Bulletin of Sumy National Agrarian University. Agronomy*. № 2(37). P. 49–53.

14. Petrychenko, V.F., Lykhochvor, V.V. & Ivanyuk, S.V. (2016). Soybeans. Vinnytsia: Dilo. 400 p.

15. Rozhkov, A.O., Puzik, V.K., Kalenska, S.M. et al. (2016). Experimental work in agronomy: a textbook: in 2 volumes. Vol. 1. Theoretical aspects of experimental work / edited by A.O. Rozhkov. Kharkiv: Maidan. 316 p.

16. Tikhonchenko, D.G. & Degtyarev, Yu.V. (2016). Soil cover of the experimental field of the “Rogansky Station” of the V.V. Dokuchaev Kharkiv National Agricultural University. *Bulletin of the V.V. Dokuchaev Kharkiv National Agricultural University. Series: Soil Science, Agrochemistry, Agriculture, Forestry, Soil Ecology*. №. 2. P. 5–13.

17. Shevnikov, M.Y. (2007). Scientific foundations of soybean cultivation in the conditions of the left-bank forest-steppe zone of Ukraine. Poltava. 208 p.

18. Shevnikov, M.Ya. & Milenko, O.G. (2015). Field germination and survival of soybean plants under different variants of phytocenotic stress. *Bulletin of Sumy National Agrarian University. Series: Agronomy and Biology*. Issue 9. P. 148–151.

19. Shepilova, T.P., Petrenko, D.I., Leshchenko, S.M., Artemenko, D.Yu. (2021). Formation of soybean productivity depending on sowing dates and plant growth regulators. *Bulletin of the PDAA*. №. 4. P. 30–35.

20. Shepilova, T.P. (2019). The effect of growth regulators on soybean productivity in the Northern Steppe of Ukraine. *Bulletin of the Poltava State Agrarian Academy*. № 3. P. 80–84. [doi: 10.31210/visnyk2019.03.10](https://doi.org/10.31210/visnyk2019.03.10)

A. Rozhkov, Doctor of Agricultural Sciences, Professor

A. Loshak, Postgraduate Student

Ye. Ogurtsov, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor

V. Mikheev, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor
State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine

The effect of sowing times and pre-sowing seed treatment on field germination and yield of soybean varieties with different vegetation periods

The article presents the results of three years of research on the complex effect of sowing dates and pre-sowing seed treatment on the formation of crop density, field germination, and yield of soybean varieties with different growing seasons.

Problem Articulation. To unlock the genetic potential of modern soybean varieties, technological measures to improve plant growth and development, such as pre-sowing seed treatment, should be used, taking into account the biological needs of the variety. In this regard, the aim of our study was to find ways to realize the genetic potential of soybean varieties that differ in morphobiological characteristics by optimizing sowing dates and pre-sowing seed treatment, which will create better conditions for plant growth and development.

Methods. The study was conducted in 2018, 2019, and 2021 in the crop rotation of the Department of Plant Growing at the experimental field of V.V. Dokuchaev Kharkiv National Agricultural University. The experiment was set up using the split-plot method in four replicates according to the generally accepted methodology. The first-order plots (factor A) were three soybean varieties: Annushka, Kobza, and Malvina; the second-order plots (factor B) were three sowing dates: early (6–8 °C), medium (10–12 °C), and late (14–16 °C); third order (factor C) – five options for seed treatment with preparations with different active ingredients: 1 – no treatment (control); 2 – Gumisol (biopreparation), 3 and 4 – Adaptophyt and Growth Concentrate (morphoregulators), respectively; 5 – Fundazol (fungicide).

Results. Varietal characteristics had a significant impact on soybean plant density in the full emergence phase. Specifically, based on the factors studied, the highest density was achieved by the Annushka soybean variety, with 67.5 plants per square meter. The best germination density was observed in the medium sowing period (10–12 °C) variant, where it was 60.1 plants/m², which was 0.6 and 2.8 plants/m² higher than in the early and late sowing periods, respectively. This indicator underwent greater changes under the influence of pre-sowing seed treatment, with the highest seedling density observed in the variants of pre-sowing seed treatment with Adaptophyt – 61.0 pcs/m². A similar trend was observed in the indicator of soybean plant density before harvesting.

On average, according to the factors studied, the highest field germination rate was observed in Kobza soybean plants – 85.5 %, which is 1.0 and 0.8 % higher than in Annushka and Malvina soybean varieties, respectively. The highest field germination rate was observed when sowing at a soil temperature of 10–12 °C: 85.4 % for the Annushka variety, 87.0 % for the Kobza variety, and 85.8 % for the Malvina variety. Pre-sowing treatment of seeds with Adaptophyt and Rost-concentrate had a significantly greater effect on field germination, increasing it by 4.9 % and 4.3 %, respectively, compared to the untreated variant.

On average, over the years of the study, the highest grain yield in the experiment – 2.48 t/ha – was obtained for the Kobza variety in the medium sowing period variant at a soil temperature of 10–12 °C, provided that the seeds were treated with a growth

concentrate. The highest increase in soybean grain yield compared to the control variant was obtained with seed treatment with Adaptophyt – 0.38 t/ha and Rost-Koncentrat – 0.37 t/ha. The effect of sowing dates on soybean grain productivity was the smallest; in particular, the average sowing date at a soil temperature of 10–12°C provided an increase of 0.24 t/ha.

Conclusions. The high influence of the studied factors and their interaction on the formation of field germination of seeds and soybean plant yield was established. The maximum indicators of plant density and field germination of seeds were observed in the variants with medium sowing time at a soil temperature of 10–12 °C and seed treatment with Adaptophyt. These variants yielded the highest yield in Malvina soybean crops amounting to 2.34 t/ha

Keywords: soybean, variety, sowing date, pre-sowing seed treatment, field germination, yield.

УДК 633.11:631.86:581.1.04

DOI 10.5281/zenodo.18492423

С.В. Скоромний, канд. с.-г. наук, директор департаменту
мікродобрив ТОВ «Спектр-Агро»

О.В. Куц, доктор с.-г. наук, доцент
Державний біотехнологічний університет, Харків, Україна

ВПЛИВ ОРГАНІЧНОГО ДОБРИВА «БІО-ГЕЛЬ» НА ПОСУХОСТІЙКІСТЬ ПРОРОСТКІВ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ

Мета та завдання. У науковій статті було поставлено завдання дослідити посухостійкість рослин озимої пшениці з використанням органічного добрива «Біо-Гель» та визначити здатність до накопичення сухої речовини в проростках під впливом стресу від посухи. Наведено результати досліджень впливу органічного добрива «Біо-Гель» на посухостійкість проростків озимої пшениці. Відповідно до лабораторних випробувань встановлено, що обробка насіння органічним добривом «Біо-Гель» в різних нормах сприяла кращому розвитку рослин, вищій вологопоглинальній здатності коренів, більш активному розвитку рослин у порівнянні з контрольною групою.

Рослини озимої пшениці сорту Етана вирощували в посудинах на 800 г сухого субстрату (стерильний кварцовий пісок) в лабораторних умовах при вологості повітря 70–75 %, та природній освітленості 20 тис. лк за природного фотоперіоду. Вологість субстрату на початку дослідів була 70% від повної волого-ємності. Кількість рослин на посудину – 20 шт., повторність кожного варіанта – 4. У фазі 2–3 листків в дослідних варіантах (інокуляція насіння добривом) вологість ґрунту знижували до 25% ПВ і підтримували на цьому рівні протягом 7 діб імітуючи тривалу посуху. Додатково проаналізовано вологість рослин і виявлено зростання вологості рослин у варіантах з різними нормами обробки насіння органічним добривом «Біо-Гель» порівняно з контрольною групою рослин.

Проведене дослідження має практичну цінність, оскільки встановлює взаємозв'язок між дозою органічного добрива «Біо-Гель», яку використано для обробки насіння озимої пшениці, та посухостійкістю проростків, масою їх кореневої системи, вологістю рослин. В результаті дослідження виявлено, що обробка насіння органічним добривом «Біо-Гель» сприяє значно кращому розвитку кореневої системи, що підтверджується значенням коефіцієнта посухостійкості, і для рослин насіння яких обробили препаратом в нормі 2,0

л/10 л води становить 0,51 проти 0,42 на контролі. Розвиток кореневої системи на даному етапі має вирішальне значення, так як від цього буде залежати живлення та споживання вологи в подальшому розвитку рослин. Також кращий розвиток кореневої системи сприяє кущенню зернових, що є основною складовою їх продуктивності. Таким чином, доведено сприятливий вплив обробки насіння пшениці органічним добривом «Біо-Гель» на посухостійкість проростків пшениці озимої.

Ключові слова: пшениця, посухостійкість, обробка насіння, маса проростків, співвідношення мас коренів та надземної маси, вологість рослин.

Вступ. Сучасне агровиробництво стикається з головною проблемою – негативний вплив погодних факторів на реалізацію потенціалу урожайності багатьох культур в світі. Наразі ключовим фактором зниження врожаю озимих зернових культур є посуха і надвисокі температури під час проростання насіння та у період вегетації. Підбір посухостійких сортів, застосування мінімальних технологій обробітку ґрунту дозволяють лише частково зменшити негативний вплив посухи на рослин. Наразі одним із перспективних методів для посилення посухостійкості рослин є застосування спеціалізованих органічних добрив на основі корисної мікробіоти, які сприяють відновленню структури ґрунту, впливають на водопоглинальні та водоутримуючі здатності як самого ґрунту так і рослин. Метод заселення (інокуляції) насіння й ґрунту біологічними препаратами зможе суттєво впливати на здатність рослин переносити стресовий вплив посухи на рослини, тому особливо актуальним є дослідження впливу таких препаратів на посухостійкість проростків озимої пшениці, їх ріст і розвиток.

Завданнями проведених досліджень було вивчити посухостійкість рослин озимої пшениці з використанням органічного добрива «Біо-Гель» та визначити здатність до накопичення сухої речовини в проростках під впливом стресу від посухи.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Для глибокого розуміння механізмів подолання стресу від посухи та збільшення врожайності сільськогосподарських культур необхідне вивчення комплексу корисної ґрунтової мікрофлори та її впливу на рослини, виявлення факторів, завдяки яким коріння рослин здатне максимізувати використання ресурсів [1].

Адже корінь та архітектоніка кореневої системи являє собою високодинамічну фізичну мережу, яка полегшує доступ рослини до неоднорідного розподілу води в ґрунті [2].

Взаємодія між рослиною та різними видами ґрунтової мікрофлори синергетична, що забезпечує відповідні переваги як для рослинних культур, так і для їхнього мікробіому. З одного боку, рослина сприяє розвитку бактерій через утворення запасних речовин, таких як вуглеводи, органічні кислоти, а також кореневих ексудатів, які використовують ризобактерії для харчування. Синергія таких бактерій

та сільськогосподарських культур показує користь для урожайності, показників якості врожаю та здоров'я рослин через прямі чи непрямі механізми, що регулюються біотичним та абіотичним стресами [3–5].

Через нестачу вологи, особливо у критичні з точки зору зростання й живлення фази розвитку, рослини надто швидко проходять фізіологічні періоди закладки плодоеlementів, що в кінцевому результаті відбивається на формуванні загального врожаю [6].

Корисна взаємодія між рослинами та мікробами – це симбіотична взаємодія, у якій витрати та вигоди розподіляються між рослинами та мікроорганізмами [7, 8], і їх можна класифікувати на два основних типи взаємодій [9]. По-перше, мутуалістичні взаємодії відповідають тісним і переважно облігатним взаємодіям між мікробами та обмеженим колом сумісних рослин-господарів. Зазвичай вони призводять до формування структури, спеціально призначеної для взаємодії (наприклад, бульбочки під час симбіозу між бульбочковими ризобіями та бобовими рослинами, арбускули в ендомікоризному симбіозі [10, 11]. По-друге, кооперації (також звані асоціативні симбіози) відповідають менш облігатним і специфічним взаємодіям [12, 13]. Вони включають ґрунтові бактерії, здатні колонізувати поверхню кореневої системи (та іноді внутрішні тканини кореня) і стимулювати ріст і здоров'я рослин, і називаються ризобактеріями, що стимулюють ріст рослин (PGPR) [12]. Колонізація коренів рослин-господарів ризобактеріями (групи PGPR) неоднорідна вздовж кореневої системи; їхня конкурентоспроможність щодо цього процесу є *обов'язковою умовою* для стимулювання росту рослин, як стверджує ряд науковців [13–17]. Деякі бактерії, пов'язані з кореневою системою, пом'якшують негативний вплив посухового стресу на ріст рослин, і маніпуляції з мікробіомом культур є новою стратегією подолання посухового стресу в сільськогосподарських системах [18–20].

Використання мікробних препаратів, зокрема: біодобрив, біостимуляторів, біоінокулянтів і засобів біоконтролю агросектором, – останніми роками набирає поширення. Хоча численні дослідження демонструють позитивний вплив корисних ґрунтових мікроорганізмів на врожайність, якість сільськогосподарських культур та здоров'я ґрунту, популярність цих новацій непостійна [5].

Матеріал та методика досліджень. Рослини озимої пшениці сорту Етана вирощували в посудинах на 800 г сухого субстрату (стерильний кварцовий пісок) в лабораторних умовах при вологості повітря 70–75%, та природній освітленості 20 тис. лк за природного фотоперіоду. Вологість субстрату на початку дослідів була 70% від повної вологоємності (ПВ). Кількість рослин на посудину – 20 шт., повторність кожного варіанта – 4. У фазі 2–3 листків у дослідних варіантах (інокуляція насіння добривом) вологість ґрунту знижували до

25 % повної вологоємкості і підтримували на цьому рівні протягом семи діб, імітуючи тривалу посуху.

В якості інокулянта для насіння використовували добриво органічне «Біо-Гель» з різними нормами внесення – 0,5, 1,0, 1,5, і 2,0 л на 10 л води). Добриво органічне «Біо-Гель» є зареєстрованим агрохімікатом (серія А 06251, № 10801 від 12.09.2017) Який містить в своєму складі комплекс бактерій родів *Azotobacter*, *Rhizobium*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus megaterium*, *Pseudomonas*, *Lactobacillus*, а також гриби роду *Trichoderma* в кількості 10^8 - 10^{10} КУО/мл, а також органічні складові сировини для виробництва (гумінові речовини, макро- і мікроелементи, ферменти, фітогормони, вітаміни, тощо).

Для аналізу посухостійкості рослин був взятий спосіб оцінки посухостійкості озимої пшениці на ранніх фазах за зміною коренебезпеченості рослин у вигляді відношення мас сухої речовини надземної частини (патент на винахід №48032 А 01 67/00 10.03.2010 «Спосіб оцінки посухостійкості озимої пшениці» Ткачов В.І., Гуляєв Б.І.).

Результати досліджень та їх обговорення. У результаті дослідження встановлено, що посуха викликає швидку втрату вологи паростками, та, відповідно, рослини втрачають масу, яку накопичили протягом росту в умовах нормального зволоження. Однак в досліді (табл. 1) рослини, які сформувалися з насіння, обробленого добривом органічним «Біо-Гель», втрачали вологу повільніше. Що свідчить про позитивний вплив препарату на посухостійкість проростків через кращу водопоглинальну здатність коренів.

1. Результати аналізу маси проростків у досліді та співвідношення мас коренів і надземної маси

Варіант	Маса 20 рослин, г			Вологість рослин, %	Коефіцієнт посухостійкості*
	ціла рослина	коренева система	надземна частина		
Контроль	1,952	0,576	1,376	77,5	0,42
Біо-Гель, 0,5 л	2,408	0,780	1,628	79,6	0,48
Біо-Гель, 1,0 л	2,426	0,808	1,618	79,9	0,50
Біо-Гель, 2,0 л	2,840	0,960	1,880	84,4	0,51
НІР ₀₅	0,02	0,073	0,22	1,14	0,047

Примітка: * – коефіцієнт посухостійкості, розрахований співвідношенням Маси кореневої системи до Маси надземної біомаси (за Ткачов В.І., Гуляєв Б.І.).

Відповідно до лабораторних випробувань, обробка насіння органічним добривом «Біо-Гель» в різних нормах посприяла кращому розвитку рослин порівняно з контролем. Навіть мінімальна норма застосування препарату (0,5 л/10 л води) сприяла збільшенню маси проростків на 23,4 %, а максимальна норма (2,0 л/10 л води) – на 45,5 %.

При застосуванні препарату з нормами 0,5 та 1,0 л/10 л води спостерігається кращий розвиток коренів, маса яких збільшувалася порівняно з контролем на 35,4 і 40,3 %, а надземна частина збільшилася лише на 18,3 і 17,6 % відповідно. При застосуванні максимальної в досліді норми витрати препарату (2,0 л/10 л води) маса кореневої системи проростків варіанту була більшою на 66,7 % за контроль, а надземна маса перебільшила контроль на 36,6 %.

Додатково був проаналізований ще один показник – вологість рослин. За даними дослідження чітко прослідковується збільшення вологості рослин у варіантах із обробкою насіння органічним добривом «Біо-Гель». Найвищий показник вологостійкості, згідно з лабораторним дослідженням, було отримано за обробки насіння по нормі 2,0 л/10 л води: 84,4 % проти 77,5 % на контролі, що свідчить про краще вологозабезпечення рослин від дії препарату.

Висновки. Отже, обробка насіння органічним добривом «Біо-Гель» сприяє значно кращому розвитку кореневої системи, що підтверджується значенням коефіцієнта посухостійкості, який для рослин, насіння яких обробили препаратом в нормі 2,0 л/10 л води, становить 0,51, в той час як у контрольній групі рослин він становив лише 0,42. Проведене дослідження має практичну цінність, оскільки встановлює взаємозв'язок між дозою органічного добрива «Біо-Гель», яку використано для обробки насіння озимої пшениці, та посухостійкістю проростків, масою кореневої системи та вологістю рослин.

Варто наголосити, що розвиток кореневої системи на даному етапі має вирішальне значення, так як від цього буде залежати живлення та споживання вологи в подальших стадіях вегетації рослин. Також кращий розвиток кореневої системи сприяє куццю зернових, що є основною складовою їх продуктивності.

Показник вологості рослин є дуже важливим щодо вологозабезпечення проростків. Чим краще забезпечені рослини вологою – тим вища у них вологість (тобто вони її більше містять в біомасі) і навпаки, що ми часто можемо спостерігати в посушливих умовах у вигляді в'янення рослин (зниження їх вологості).

Таким чином, обробка насіння органічним добривом «Біо-Гель» підвищує природну здатність рослини до забезпечення себе вологою та сприяє кращому розвитку рослин на початкових етапах росту, забезпечуючи кращий ріст кореневої системи, що в свою чергу сприяє більш ефективному засвоєнню вологи з ґрунту в умовах її нестачі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Melanie J.B. "Drought and Resprouting Plants." *The New Phytologist*, 2015. Vol. 206, № 2. P. 583–589. JSTOR,

<https://www.jstor.org/stable/newphytologist.206.2.583>.

2. Feng, Wei, et al. "Growing Out of Stress: The Role of Cell- and Organ-Scale Growth Control in Plant Water-Stress Responses." *The Plant Cell*. 2016. Vol. 28, № 8. P. 1769–1782. JSTOR, <https://www.jstor.org/stable/plantcell.28.8.1769>.

3. Akram M.S., Shahid M., Tariq M. et al. Deciphering Staphylococcus sciuri SAT-17 Mediated Anti-oxidative Defense Mechanisms and Growth Modulations in Salt Stressed Maize (Zea mays L.). *Front. Microbiol.* 2016. № 7. P. 867. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.00867>

4. Backer R., Rokem J.S., Ilangumaran G. et al. Plant Growth-Promoting Rhizobacteria: Context, Mechanisms of Action, and Roadmap to Commercialization of Biostimulants for Sustainable Agriculture. *Front. Plant Sci.* 2018. №. 9. P. 1473. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01473>

5. Баранський Д. Як керована синергія ризосферних мікроорганізмів може покращити ефективність сучасного землеробства (повернення до природи). *Вісник Львівського національного університету природокористування. Серія Агрономія*. 2023. № 27. С. 157–162. <https://doi.org/10.31734/agronomy2023.27.157>

6. Позакореневе підживлення / В.С. Кочмарський, В.П. Кавунець, А.А. Сіроштан [та ін.]. Насінництво. 2014. № 5. С. 5–7.

7. Odum E.P., Barrett G.W. *Fundamentals of Ecology*, 5th Edn. Belmont, USA: Thomson Brooks/Cole. 2005. 598 p.

8. Bulgarelli D., Schlaepp K., Spaepen S., Ver Loren van Themaat E., and Schulze-Lefert P. Structure and functions of the bacterial microbiota of plants. *Annu. Rev. Plant Biol.* 2013. 64. P. 807–838. <https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-050312-120106>

9. Drogue B., Dore H., Borland S., Wisniewski-Dyé F., Prigent-Combaret C. Which specificity in cooperation between phytostimulating rhizobacteria and plants? *Res. Microbiol.* 2012. 163, P. 500–510. <https://doi.org/10.1016/j.resmic.2012.08.006>

10. Parniske M. Arbuscular mycorrhiza: the mother of plant root endosymbioses. *Nat. Rev. Microbiol.* 2008. № 6. P. 763–775. <https://doi.org/10.1038/nrmicro1987>

11. Masson-Boivin C., Giraud E., Perret X., Batut J. Establishing nitrogen-fixing symbiosis with legumes: how many rhizobium recipes? *Trends Microbiol.* 2009. № 17, P. 458–466. <https://doi.org/10.1016/j.tim.2009.07.004>

12. Barea J.M., Pozo M.J., Azcón R., Azcón-Aguilar C. Microbial co-operation in the rhizosphere. *J. Exp. Bot.* 2005. № 56. P. 1761–1778. <https://doi.org/10.1093/jxb/eri197>

13. Петриченко В.Ф., Земляний О.І. Вологозабезпечення озимої пшениці: проблеми дефіциту і можливості технологій. *Агроном*. 2007. № 4. С. 102–104.

14. Bryla D.R., Duniway J.M. The influence of the mycorrhiza *Glomus etunicatum* on drought acclimation in sunflower and wheat *Physiol. Plant.* 1998. Vol. 104. P. 87–96.

15. Benizri E., Baudoin E., Guckert A. Root colonization by inoculated plant growth promoting rhizobacteria. *Biocontrol Sci. Technol.* 2001. Vol. 11. P. 557–574. <https://doi.org/10.1080/09583150120076120>

16. Compant S., Clément C., Sessitsch A. Plant growth-promoting bacteria in the rhizo- and endosphere of plants: their role, colonization, mechanisms involved and prospects for utilization. *Soil Biol. Biochem.* 2010. Vol. 42, P. 669–678. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2009.11.024>

17. Dutta S., Podile A.R. Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR): the bugs to debug the root zone. *Crit. Rev. Microbiol.* 2010. № 36. P. 232–244. <https://doi.org/10.3109/10408411003766806>

18. Xu Ling, et al. “Drought Delays Development of the Sorghum Root Microbiome and Enriches for Monoderm Bacteria.” *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America.* 2018. Vol. 115. № 18. P. 4284–4293. *JSTOR*, <https://www.jstor.org/stable/26508777>

19. Байрак Н. Гумісол – елемент біоорганічного землеробства. *Пропозиція.* 2002. № 6. С. 54.

20. Дубовик Д.Ю., Олефіренко Б.А. Ефективність застосування біодобрив на посівах пшениці озимої. *Миронівський вісник.* 2016. Вип. 2. С. 241–248.

REFERENCES

1. Melanie, J.B. Zeppel, et al. (2015). “Drought and Resprouting Plants.” *The New Phytologist*, Vol. 206. № 2. P. 583–89. *JSTOR*, <https://www.jstor.org/stable/newphytologist.206.2.583>

2. Feng, Wei et al. (2016). “Growing Out of Stress: The Role of Cell- and Organ-Scale Growth Control in Plant Water-Stress Responses.” *The Plant Cell*, Vol. 28, № 8. P. 1769–82. *JSTOR*, <https://www.jstor.org/stable/plantcell.28.8.1769>

3. Akram, M.S., Shahid, M., Tariq, M. et al. (2016). Deciphering *Staphylococcus sciuri* SAT-17 Mediated Anti-oxidative Defense Mechanisms and Growth Modulations in Salt Stressed Maize (*Zea mays L.*). *Front. Microbiol.* № 7. P. 867. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.00867>

4. Backer, R., Rokem, J.S., Ilangumaran, G. et al. (2018). Plant Growth-Promoting Rhizobacteria: Context, Mechanisms of Action, and Roadmap to Commercialization of Biostimulants for Sustainable Agriculture. *Front. Plant Sci.* №. 9. P. 1473. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01473>

5. Baransky, D. (2023). How controlled synergy of rhizosphere microorganisms can improve the efficiency of modern agriculture (return to nature). *Bulletin of Lviv National University of Natural Resources. Agronomy series*, № 27. P. 157–162.

<https://doi.org/10.31734/agronomy2023.27.157>

6. Foliar feeding / V.S. Kochmarsky, V.P. Kavunets, A.A. Sirostan et al. (2014). *Seed Production*. 2014. №. 5. P. 5–7.

7. Odum, E.P. & Barrett, G. W. (2005). *Fundamentals of Ecology*, 5th Edn. Belmont, USA: Thomson Brooks/Cole. 598 p.

8. Bulgarelli, D., Schlaeppi, K., Spaepen, S., Ver Loren van Themaat, E. & Schulze-Lefert, P. (2013). Structure and functions of the bacterial microbiota of plants. *Annu. Rev. Plant Biol.* № 64. P. 807–838. <https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-050312-120106>

9. Drogue, B., Dore, H., Borland, S., Wisniewski-Dyé, F. & Prigent-Combaret, C. (2012). Which specificity in cooperation between phytostimulating rhizobacteria and plants? *Res. Microbiol.* Vol. 163. P. 500–510. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resmic.2012.08.006>

10. Parniske, M. (2008). Arbuscular mycorrhiza: the mother of plant root endosymbioses. *Nat. Rev. Microbiol.* № 6. P. 763–775. <https://doi.org/10.1038/nrmicro1987>

11. Masson-Boivin, C., Giraud, E., Perret, X. & Batut, J. (2009). Establishing nitrogen-fixing symbiosis with legumes: how many rhizobium recipes? *Trends Microbiol.* Vol. 17. P. 458–466. <https://doi.org/10.1016/j.tim.2009.07.004>

12. Barea, J.M., Pozo, M.J., Azcón, R., and Azcón-Aguilar, C. (2005). Microbial co-operation in the rhizosphere. *J. Exp. Bot.* 56. P. 1761–1778. <https://doi.org/10.1093/jxb/eri197>

13. Petrychenko, V.F. & Zemlyanoy, O.I. (2007). Moisture supply for winter wheat: problems of deficiency and technological possibilities. *Agronomist*. №. 4. P. 102–104.

14. Bryla, D.R. & Duniway, J.M. (1998). The influence of the mycorrhiza *Glomus etunicatum* on drought acclimation in sunflower and wheat *Physiol. Plant*. Vol. 104. P. 87–96.

15. Benizri, E., Baudoin, E. & Guckert, A. (2001). Root colonization by inoculated plant growth promoting rhizobacteria. *Biocontrol Sci. Technol.* № 11. P. 557–574. <https://doi.org/10.1080/09583150120076120>

16. Compant, S., Clément, C., & Sessitsch, A. (2010). Plant growth-promoting bacteria in the rhizo- and endosphere of plants: their role, colonization, mechanisms involved and prospects for utilization. *Soil Biol. Biochem.* № 42. P. 669–678. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2009.11.024>

17. Dutta, S. & Podile, A.R. (2010). Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR): the bugs to debug the root zone. *Crit. Rev. Microbiol.* № 36. P. 232–244. <https://doi.org/10.3109/10408411003766806>

18. Xu, Ling, et al. (2018). “Drought Delays Development of the Sorghum Root Microbiome and Enriches for Monoderm Bacteria.” *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. Vol. 115, №. 18 P. E4284–93. *JSTOR*,

<https://www.jstor.org/stable/26508777>

19. Bairak, N. (2002). Humisol – element of bioorganic farming. *Propozytsiia*. № 6. P. 54.

20. Dubovik, D.Yu., & Olefirenko, B.A. (2016). Effectiveness of biofertilizers on winter wheat crops. *Myronivsky Visnyk*. Issue 2. P. 241–248.

S. Skoromny, Candidate of Agricultural Sciences, Spectr-Agro LLC

O. Kuts, Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor
State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine

Influence of organic fertilizer "Bio-Gel" on drought resistance of seedlings of winter wheat

Introduction. Modern agricultural production faces a major problem - the negative impact of weather factors on the realization of the yield potential of many crops in the world. Currently, the key factor in reducing the yield of winter grain crops is drought and extremely high temperatures during seed germination and during the vegetation period. The selection of drought-resistant varieties, the use of minimal tillage technologies allow only partial reduction of the negative impact of drought on plants.

Relevance of the article. Currently, one of the promising methods for enhancing the drought resistance of plants is the use of specialized organic fertilizers based on beneficial microbiota, which contribute to the restoration of soil structure, affect the water absorption and water retention capabilities of both the soil itself and plants, which requires current scientific research and experiments.

Materials and methods of research. Winter wheat plants of the Etana variety were grown in pots with 800 g of dry substrate (sterile quartz sand) in laboratory conditions at an air humidity of 70–75% and natural light of 20 thousand lx during the natural photoperiod. The substrate humidity at the beginning of the experiment was 70% of the full moisture capacity. The number of plants per pot was 20 pcs., the repetition of each variant was 4. In the phase of 2–3 leaves in the experimental variants (seed inoculation with fertilizer), the soil moisture was reduced to 25% of the soil moisture content and maintained at this level for 7 days, simulating a long drought.

Results. The article presents the results of studies on the influence of organic fertilizer "Bio-Gel" on the drought resistance of winter wheat seedlings. According to laboratory tests, it was found that seed treatment with organic fertilizer "Bio-Gel" in different rates contributed to better plant development, higher moisture absorption capacity of roots, and more active plant development compared to the control group. Additionally, plant moisture was analyzed and an increase in plant moisture was found in variants with different rates of seed treatment with organic fertilizer "Bio-Gel" compared to the control group of plants.

The conducted study has practical value, as it establishes the relationship between the dose of organic fertilizer "Bio-Gel", which was used to treat winter wheat seeds, and the drought resistance of seedlings, the mass of their root system, and the humidity of plants. As a result of the study, it was found that seed treatment with organic fertilizer "Bio-Gel" contributes to a significantly better development of the root system, which is confirmed by the value of the drought resistance coefficient, which for plants whose seeds were treated with the drug at a rate of 2.0 l / 10 l of water is 0.51, while in the control group of plants it was only 0.42.

Conclusions. The development of the root system at this stage is of crucial importance, since nutrition and moisture consumption in the subsequent stages of plant vegetation will depend on it. Also, better development of the root system contributes to tillering of cereals, which is the main component of their productivity. Thus, the beneficial effect of treating wheat seeds with organic fertilizer "Bio-Gel" on the drought resistance of winter wheat seedlings has been proven.

Keywords: wheat, drought tolerance, seed treatment, seedling mass, ratio of root mass to aboveground mass, plant moisture.

УДК 631.811.98:633.854.78
DOI 10.5281/zenodo.18492523

В.Т. Роєнко, аспірант кафедри рослинництва
А.О. Рожков, доктор с.-г. наук, професор
Державний біотехнологічний університет, Харків, Україна

ДИНАМІКА ФОРМУВАННЯ ЛИСТОВОЇ ПОВЕРХНІ РОСЛИН СОНЯШНИКА ЗА ВПЛИВУ СТИМУЛЯТОРІВ РОСТУ ТА КОМПЛЕКСНИХ ВОДОРОЗЧИННИХ ДОБРІВ

Висвітлено результати дворічних досліджень щодо комплексного впливу різних варіантів передпосівної обробки насіння та позакоренових підживлень різними сполученнями стимуляторів росту та комплексних водорозчинних добрив на динаміку наростання площі асиміляційної поверхні посівів гібридів соняшника різних груп стиглості.

Встановлено високу ефективність проведення передпосівної обробки насіння в сполученні з позакореновими підживленнями на збільшення площі листової поверхні рослин соняшника досліджуваних гібридів. На початку фаз росту стебла та «зірочки» (31-ша і 51-ша мікрофази за кодом ВВСН) індекс листової поверхні посівів усіх гібридів найвищим був у варіанті поєднання передпосівної обробки насіння стимулятором проростання Гуміфілд Форте з двома підживленнями баковим розчином на основі суміші стимуляторів росту Регопланта і Фульвіталу Плюс з комплексним водорозчинним добривом «*LF*-соняшник». У 2023 і 2024 рр., у середньому по гібридах, індекс листової поверхні посівів на початку фази росту стебла в цьому варіанті становив 0,572 і 0,519, а на початку фази «зірочки» – 0,935 і 0,813 відповідно. Істотна перевага порівняно з контролем доведена на підставі проведеного дисперсійного аналізу.

На початку цвітіння та наливання насіння (61-ша і 80-та мікрофази за кодом ВВСН) індекс листової поверхні посівів всіх гібридів соняшника найвищим був у варіантах сполучення обробки насіння стимулятором проростання Гуміфілд Форте з трьома позакореновими підживленнями сумішшю Регопланта і Фульвіталу Плюс з добривом «*LF*-соняшник». Ефект від трьох позакоренових підживлень вищим був у менш сприятливих погодних умовах. Так, індекс листової поверхні посівів у цьому варіанті у середньому по гібридах, у погодних умовах 2023 р. на початку фаз цвітіння та наливання насіння був на 7,2 і 10,6 % відповідно вищий, ніж на контролі, тоді як у несприятливих погодних умовах 2024 р. – на 10,6 і 13,3 %.

Передпосівна обробка насіння та позакоренові підживлення більший вплив чинили на індекс листової поверхні посівів, ніж на площу листків однієї рослини, оскільки поряд зі збільшенням площі листків однієї рослини, вони забезпечували виживаність більшої кількості рослин на момент проведення обліків і з кожною наступною фазою ця різниця тільки зростала.

Істотної взаємодії між гібридами і варіантами передпосівної обробки насіння у сполученні з позакореновими підживленнями не встановлено оскільки розподіл показників площі листової поверхні в усіх гібридів за впливу варіантів чинника *B* був подібний. Тобто вищі показники були в аналогічних варіантах. Виходячи з цього, можна стверджувати, що передпосівна обробка насіння у сполученні з двома і трьома позакореновими підживленнями сумішшю всіх досліджуваних препаратів буде однаково ефективною для різних за морфо-біотипом гібридів соняшника.

Ураховуючи підвищення впливу від проведення третього позакореневого підживлення на збільшення площі листової поверхні рослин досліджуваних гібридів соняшника в менш сприятливих погодних умовах, а також враховуючи те, що у Східному Лісостепу погодні умови є здебільшого несприятливими для цієї культури то, з точки зору формування площі листової поверхні, поряд із стимуляцією проростання насіння, доцільно проводити три позакореневі підживлення сумішшю на основі стимуляторів росту Регоплант і Фульвітал Плюс з розробленим спеціально для соняшника комплексним водорозчинним добривом «LF-соняшник» у рекомендованих виробниками цих продуктів дозах внесення.

Ключові слова: соняшник, обробка насіння, позакореневі підживлення, індекс листової поверхні, стимулятори росту, комплексні добрива, фази росту.

Постановка проблеми. Виключно важливу роль у формуванні продуктивності всіх без винятку агроценозів відіграє площа їх листової поверхні. Саме в листках у результаті реакцій фотосинтезу формується органічна речовина. Деякі науковці, виходячи з показників площі листової поверхні посівів, навіть пропонують прогнозувати рівень урожайності посівів [1].

Посіви соняшника формують доволі велику площу листової поверхні, яка під час фази цвітіння, може сягати 60–80 тис. м²/га [2]. Однак, такі високі показники утримуються недовго оскільки, починаючи з нижніх ярусів, листки поступово відмирають через що загальна площа листової поверхні зменшується.

У районах із недостатнім рівнем зволоження до яких у тому числі відноситься район проведення досліджень, неможливо в повному обсязі забезпечити реалізацію високого генетичного потенціалу сучасних гібридів соняшника. Як результат, фактична врожайність насіння цієї культури реалізується у кращому випадку на 40–50 % [1].

У таких умовах особливого значення в технологічних схемах вирощування польових культур у тому числі соняшника, набувають комплексні препарати які, поряд із стимуляцією ростових процесів, покращують живлення рослин і підвищують коефіцієнт використання добрив рослинами, проявляють антистресові властивості зменшуючи вплив несприятливих погодних умов, а саме – посухи, високих і низьких температур й різких їх перепадів [3, 4].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Україна є одним із лідерів за посівними площами та валовим виробництвом насіння соняшника. З нього виробляють понад 90 % всієї рослинної олії [5].

Висока цінність соняшника зумовлена універсальністю та широким спектром його використання оскільки для переробки придатні практично всі частини рослин. З насіння отримують високоякісну харчову олію, вміст якої може сягати 55 % і вище. Після отримання олії побічну продукцію (макуху), яка є цінним концентрованим кормом із вмістом білка – до 36 %, використовують на корм тваринам. З лушпиння отримують харчові та технічні спирти, кормові дріжджі та

фурфурол, який використовують для виробництва пластмас. Кошки використовують на корм тваринам, а із зеленої маси готують силос який за поживними властивостями не поступається силосу кукурудзи.

Саме за рахунок високого вмісту якісної харчової олії, універсальності використання та високих економічних показників (соняшник є однією з найбільш рентабельних культур), відмічається значне розширення посівних площ під цією культурою [6, 7].

Проте, підвищення врожайності насіння та рентабельності його виробництва в умовах прогресуючого погіршення погодних умов, можна досягти лише за умови оптимізації технологічних підходів вирощування, впровадження сучасних адаптивних технологій складовою яких є застосування поліфункціональних стимуляторів росту та комплексних водорозчинних добрив нового покоління [8–10].

Сучасні гібриди соняшника відрізняються високим потенціалом урожайності насіння, який перевищує 5,0 т/га. За оптимізації технології вирощування, зокрема системи живлення рослин, яка в тому числі передбачає застосування стимуляторів росту, у мовах виробництва цілком реально можна отримувати врожайність насіння соняшника на рівні 4,0–4,5 т/га. Однак, на практиці отримують значно скромніші результати, які спричинені здебільшого саме значними упущеннями в системі живлення рослин [11, 12].

До стимуляторів росту рослин відносять препарати вироблені на основі біологічно активних речовин природного походження, які посилюють інтенсивність перебігу обмінних і ростових процесів у рослинах і, як результат, забезпечують підвищення продуктивності агроценозів польових культур та якість продукції [13]. У невеликих дозах вони позитивно впливають на накопичення більшої рослинної біомаси, формування більшої площі асиміляційної поверхні у тому числі за рахунок збільшення виносу біогенних елементів з ґрунту [14].

Добре розвинений, оптимальний за площею і динамікою функціонування листовий апарат є важливою умовою формування високих і сталих урожаїв польових культур у тому числі соняшника. На баз експериментальних досліджень проведених різними науковцями [15–17] доведено значний вплив погодних умов і технологічних чинників на динаміку формування площі асиміляційної поверхні рослин польових культур, у тому числі соняшника.

Останнім часом в технологіях вирощування соняшника невід'ємною її складовою стає обробка насіння та позакореневі підживлення розчинами на основі стимуляторів росту та комплексних водорозчинних добрив з підібраним конкретно під цю культуру набором елементів мінерального живлення. Вони коригують живлення, активізують їх ріст і розвиток, допомагають рослинам швидше долати стреси спричинені несприятливими погодними умовами [18–20].

Установлено, що соняшник достатньо ефективно реагує на застосування стимуляторів росту, як у випадку їх використання для передпосівної обробки насіння, так і для проведення позакореневих підживлень. При цьому акцентується увага на тому, що залежно від цілого ряду чинників, рослини реагують на їх внесення по-різному [21].

Потягом останнього періоду зібрано достатньо багато матеріалів досліджень щодо впливу основного, передпосівного та припосівного внесення добрив на ріст, розвиток і формування врожайності посівів соняшника. Однак, не до кінця з'ясованими залишаються питання щодо впливу стимуляторів росту й комплексних водорозчинних добрив нового покоління на динаміку наростання площі листової поверхні рослин та посіву в цілому. При цьому наголошується [22, 23], що такі препарати здатні стимулювати наростання площі листків рослин, збільшувати тривалість їх функціонування.

Таким чином, враховуючи недостатній рівень розкриття питань щодо впливу обробки насіння та позакореневих підживлень у різні фази інноваційними стимуляторами росту з різною активною основою та комплексними водорозчинними добривами нового покоління на динаміку наростання асиміляційної поверхні посівів соняшника, мета досліджень полягала у з'ясуванні саме цих питань.

Матеріали та методи досліджень. Дослідження проводили в 2023, 2024 рр. на базі ФГ «АГРО-2011» Близнюківського району Харківської області. Технологія вирощування соняшника за виключенням досліджуваних питань, була загальноприйнятою для району проведення досліджень. Попередником соняшника була пшениця озима, під яку в сумі вносили $N_{120}P_{60}K_{30}$. Після її збирання площу двічі дискували, а через два тижні орали на глибину 25–27 см.

Сівбу соняшника в 2023 р. проводили п'ятого травня, а в 2024 р. – 14-го травня. Під передпосівну культивуацію вносило діаміфос у дозі 160 кг/га ($N_{30}P_{75}$), а під час сівби – карбамід з розрахунку 70 кг/га (N_{30}).

Насіння висівали широкорядним способом з міжряддям 70 см на глибину 5–6 см. Норма висіву насіння – 50 тис. шт./га. Через годину після сівби вносили ґрунтовий гербіцид Примекстра ТЗ Голд у рекомендованій дозі внесення – 4,5 л/га. У фазі третьої пари листків культури вносили грамініцид Міура для контролю злакових бур'янів.

Двохфакторний польовий дослід закладали методом розщеплених ділянок у трьох повтореннях. Ділянками першого порядку (чинник А) були три гібриди соняшника: 1 – СИ Честер; 2 – Конкорд; 3 – Террасол. Ці гібриди відрізняються як за групою стиглості, так і якістю олії. Лінолевий гібрид СИ Честер і високоолеїновий гібрид Террасол відносяться до ранньостиглої групи, а олеїновий гібрид Конкорд – до середньоранньої групи. Ці гібриди є новими і рекомендованими до вирощування в Степовій і Лісостеповій агрокліматичних зонах.

Ділянками другого порядку (чинник *B*) були десять варіантів застосування інноваційних стимуляторів росту і комплексних водорозчинних добрив нового покоління для передпосівної обробки насіння та позакоренових підживлень (схема). Площа посівної і облікової ділянок другого порядку становила 112,0 і 73,5 м² відповідно.

1. Схема варіантів чинника *B*

Варіант	Обробка насіння	Фази росту і розвитку за кодом ВВСН	
		12–14 і 35–37 (два внесення)	51–53
1 (контроль)	–	–	–
2	Гуміфілд	–	–
3	те саме	Регоплант (50 мл/га)	–
4	– // –	Фульвітал Плюс (0,4 л/га)	–
5	– // –	Регоплант (50 мл/га) + Фульвітал Плюс (0,4 л/га)	–
6	– // –	Регоплант (50 мл/га) + Фульвітал Плюс (0,4 л/га) + «LF-соняшник» (1,5 л/га)	–
7	– // –	Регоплант (50 мл/га)	Регоплант (50 мл/га)
8	– // –	Фульвітал Плюс (0,4 л/га)	Фульвітал Плюс (0,4 л/га)
9	– // –	Регоплант (50 мл/га) + Фульвітал Плюс (0,4 л/га)	Регоплант (50 мл/га) + Фульвітал Плюс (0,4 л/га)
10	– // –	Регоплант (50 мл/га) + Фульвітал Плюс (0,4 л/га) + «LF-соняшник» (1,5 л/га)	Регоплант (50 мл/га) + Фульвітал Плюс (0,4 л/га) + «LF-соняшник» (1,5 л/га)

Кількість і розподіл опадів за вегетацію рослин у 2023 і 2024 рр. значно відрізнялися від кліматичної норми, що суттєво позначалося на їх рості та розвитку. Режим зволоження в 2023 р. був сприятливий для соняшника. У квітні випало понад 120 мм опадів завдяки чому, незважаючи на їх дефіцит у перші дві декади травня, у верхньому шарі ґрунті було достатньо вологи для проростання насіння та стартових етапів росту рослин. У подальшому рослини не відчували дефіциту вологи. За літній період у сумі випало понад 230 мм опадів, до того ж їх розподіл був достатньо рівномірний зокрема, у червні, липні та серпні випало 91, 87 і 54 мм опадів відповідно. Достатня кількість вологи на фоні сприятливого температурного режиму створювали достатньо «комфортні» умови для росту і розвитку рослин соняшника.

Погодні умови 2024 р., були дуже несприятливими для росту та розвитку соняшника. Починаючи з третьої декади травня і до жовтня у сумі випало лише 52 мм опадів і це при тому, що для формування однієї тони насіння посівам потрібно біля 90–100 мм вологи. Дефіцит опадів посилювався аномально високими температурами протягом першої декади червня, яка в денні години сягала 32 °С, а також під час другої і третьої декад липня (іноді температура вдень сягала 38 °С, знижуючись

вночі лише до 30–31 °C). Критичну ситуацію з дефіцитом опадів дещо нівелювали опади за період із січня по травень (у сумі – 220 мм).

Таким чином, як за температурою, так і за кількістю опадів і їх розподілом, погодні умови в 2023 і 2024 рр. були доволі контрастними, що відображалось на рості і розвитку рослин. У цілому, це дало можливість повніше визначити вплив досліджуваних чинників варіантів на динаміку формування площі асиміляційної поверхні рослин соняшника.

Для проведення досліджень обрали три інноваційні стимулятори росту – Регоплант, Фульвітал Плюс і Гуміфілд Форте та комплексне водорозчинне добриво нового покоління «LF-соняшник» розроблене спеціально для позакореневих підживлень соняшника.

Сучасний стимулятор росту *Регоплант* відноситься до серії полікомпонентних препаратів до складу якого входять: комплекс біоактивних сполук (продукти життєдіяльності грибів-міксоміцетів, полісахариди, 15 амінокислот, аналоги фітогормонів ауксинової і цитокінінової природи); комплекс біогенних елементів (B, Cu, Mn, Zn, Co, Fe, Mo); калієва сіль альфа-нафтилоцтової кислоти; аверсектін 3 – продукти життєдіяльності актиноміцету *Streptomyces avermitilis*. Рекомендована доза внесення цього стимулятора росту – 50 мл/га.

Стимулятор росту на основі гумінових речовин – *Фульвітал Плюс* призначений для покращення живлення рослин. Його активною основою є фульвові кислоти. Також до його складу входить комплекс біогенних елементів, а саме – S, Fe, Mn, Mg, Zn, Cu. Важливою перевагою препарату є його кисла реакція (pH – 4,8). Рекомендована разова доза внесення в позакореневе підживлення – 0,30–0,45 л/га.

Інноваційний стимулятор проростання – *Гуміфілд Форте Брікс* розроблений саме для передпосівної обробки насіння. У його складі містяться гумінові та фульвові кислоти, амінокислоти, екстракт морських водоростей, природні фітогормони, комплекс мікроелементів. Рекомендована доза для передпосівної обробки насіння – 0,8 л/т.

Комплексне водорозчинне добриво 3-го покоління – «LF-соняшник» розроблене спеціально для позакореневих підживлень соняшника. До його складу входить збалансований комплекс макро- та мікроелементів, L-амінокислоти, органічні кислоти та вітаміни. Ряд елементів (K, Cu, Fe, Mn, Zn) хелатовані EDTA, а такі елементи як Mg, B, Mo і Co – амінокислотами. Реакція добрива слабокисла – pH = 6,5. Рекомендована разова доза внесення в підживлення – 1,0–2,0 л/га.

Закладання досліду, спостереження, обліки та вимірювання проводили за загальноприйнятими методиками [24]. Дисперсійний аналіз здійснювали в програмному пакеті Microsoft Excel на базі загальноприйнятих методик [25].

Результати досліджень та їх обговорення. У проведеному досліді визначали динаміку формування площі листової поверхні

посівів соняшника починаючи з початку фази росту стебла і закінчуючи на початку фази дозрівання насіння. Для кращого розуміння впливу досліджуваних варіантів застосування стимуляторів росту у сполученні з комплексними водорозчинними добривами, визначали як площу листків на одиниці посівної площі (індекс листової поверхні – ІЛП), так і площу листків середньої рослини.

У 2023 р. на початку фази росту стебла (31-ша мікрофаза) обробка насіння у сполученні з підживленнями, сприяли формуванню більшої площі листової поверхні рослин, хоч статистично це і не було доведено. У середньому по гібридах площа листків однієї рослини найбільшою була в 5-му та 6-му варіантах чинника *B* – 1353 і 1348 см², що на 2,0 і 1,7 % відповідно більше, ніж на контролі (табл. 2).

2. Площа листової поверхні рослин соняшника на початку фази росту стебла (31-ша мікрофаза за кодом ВВСН) за впливу передпосівної обробки насіння та позакоренових підживлень

Обробка насіння та підживлення (чинник <i>B</i>)	Гібрид (Чинник <i>A</i>)			Середнє
	СИ Честер	Конкорд	Террасол	
2023 рік				
1*	1347/0,548**	1276/0,522	1354/0,559	1326/0,543
2	1352/0,565	1284/0,534	1345/0,567	1327/0,555
3	1374/0,577	1297/0,538	1369/0,580	1347/0,565
4	1353/0,571	1282/0,534	1358/0,573	1331/0,559
5	1378/0,580	1293/0,540	1388/0,584	1353/0,568
6	1371/0,586	1288/0,540	1386/0,591	1348/0,572
Середнє	1363/0,571	1287/0,535	1367/0,576	1339/0,561
НІР ₀₅ (головного ефекту <i>A</i>) – 41/0,018; НІР ₀₅ (головного ефекту <i>B</i>) – $F_{\phi} < F_m/0,015$; НІР ₀₅ (часткових порівнянь <i>A</i>) – 48/0,023; НІР ₀₅ (часткових порівнянь <i>B</i>) – $F_{\phi} < F_m/0,021$				
2024 рік				
1	1275/0,472	1196/0,437	1322/0,491	1264/0,467
2	1296/0,496	1209/0,460	1370/0,524	1292/0,493
3	1322/0,513	1238/0,473	1401/0,539	1320/0,508
4	1309/0,510	1227/0,466	1385/0,530	1307/0,502
5	1333/0,515	1236/0,470	1398/0,537	1322/0,507
6	1358/0,528	1265/0,483	1411/0,545	1344/0,519
Середнє	1316/0,506	1229/0,465	1381/0,528	1309/0,500
НІР ₀₅ (головного ефекту <i>A</i>) – 34/0,021; НІР ₀₅ (головного ефекту <i>B</i>) – 35/0,021; НІР ₀₅ (часткових порівнянь <i>A</i>) – 39/0,028; НІР ₀₅ (часткових порівнянь <i>B</i>) – 43/0,026				

Примітка: * – зміст варіантів чинника *B* наведено в пункті – Матеріали і методи.
** – у чисельнику – площа листя однієї рослини, см²; у знаменнику – індекс листової поверхні.

Досліджувані варіанти чинника *B* значно більший і статистично доведений вплив чинили на ІЛП, оскільки обробка забезпечувала підвищення показників польової схожості насіння, а позакоренові

підживлення зменшували редукцію рослин. Крім того, всі досліджувані варіанти позакоренових підживлень забезпечували істотне збільшення ІЛП, при цьому найвищою вона була у 6-му варіанті – 0,572.

У 2024 р. площа листової поверхні рослин на початку фази росту стебла була значно нижчою, ніж у 2023 р., що пов'язано з гострим дефіцитом вологи і високими температурами. У цей рік вплив варіантів чинника *B* на площу листків однієї рослини та ІЛП був значно вищий і статистично доведений. Площа листків однієї рослини соняшника у 2024 р. найбільшою також була у 6-му варіанті – у середньому по гібридах 1344 см², що на 6,3 % вище порівняно з контролем. При цьому, інші варіанти сполучення передпосівної обробки насіння з позакореновими підживленнями також істотно перевищували контроль.

За рахунок передпосівної обробки насіння і двох позакоренових підживлень сумішшю стимуляторів росту Регоплант і Фульвітал Плюс з комплексними водорозчинним добривом «*LF*-соняшник», ІЛП посівів гібридів СИ Честер, Конкорд і Террасол на початку фази росту стебла в несприятливому 2024 р. був на 11,9 %, 10,5 і 11,0 % відповідно вищий, ніж на контролі. Це на порядок більше, ніж у 2023 р.

Взаємодія досліджуваних чинників у зміні площі листової поверхні посівів на початку фази росту стебла в погодних умовах обох років була неістотною, що свідчить про фактично однакову реакцію гібридів соняшника на досліджувані варіанти внесення стимуляторів росту і комплексного водорозчинного добрива «*LF*-соняшник».

У фазі «зірочки» площа листків однієї рослини, як і ІЛП найвищими були у варіанті передпосівної обробки насіння та двох позакоренових підживлень сумішшю досліджуваних продуктів (6-й варіант). Зокрема, у 2023 р., ІЛП посівів гібридів Честер, Конкорд і Террасол у цьому варіанті становив 0,917, 0,950 і 0,939, що на 0,043, 0,047 і 0,043 вище порівняно з контролем за НІР₀₅ – 0,033 (табл. 3).

Як і під час попереднього визначення, у фазі «зірочки» більших змін за впливу чинника *B* зазнавав ІЛП. Зокрема, у 2023 р. площа листків у 6-му варіанті у середньому по гібридах соняшника була лише на 1,4 % вищою, ніж на контролі (прибавка показника статистично не доведена), тоді як ІЛП – на 4,9 %. Виходячи з цього можна констатувати, що збільшення ІЛП відбувалося здебільшого саме за рахунок вищої густоти рослин на варіантах де проводили підживлення.

Порівняно з 2023 р., у 2024 р. варіант передпосівної обробки насіння у сполученні з двома позакореновими підживленнями сумішшю стимуляторів Регоплант і Фульвітал Плюс з комплексним водорозчинним добривом «*LF*-соняшник» забезпечував формування істотно більшої площі листків однієї рослини порівняно з контролем. У середньому по гібридах соняшника приріст показника становив 77 см² (на 3,7 % вище, ніж на контролі) за НІР₀₅ – 75 см².

3. Площа листової поверхні рослин соняшника у фазі «зірочки» (51-ша мікрофаза за кодом ВВСН) за впливу передпосівної обробки насіння та позакоренових підживлень

Обробка насіння та підживлення (чинник B)	Гібрид (Чинник A)			Середнє
	СИ Честер	Конкорд	Террасол	
2023 рік				
1*	2149/0,874**	2240/0,903	2201/0,896	2197/0,891
2	2143/0,896	2264/0,928	2226/0,925	2211/0,916
3	2156/0,905	2284/0,933	2229/0,930	2223/0,923
4	2133/0,900	2263/0,930	2238/0,932	2211/0,921
5	2152/0,906	2280/0,937	2252/0,937	2228/0,927
6	2147/0,917	2302/0,950	2235/0,939	2228/0,935
Середнє	2147/0,900	2272/0,930	2230/0,927	2216/0,919
НІР ₀₅ (головного ефекту A) – 67/0,024; НІР ₀₅ (головного ефекту B) – $F_{\phi} < F_m/0,027$; НІР ₀₅ (часткових порівнянь A) – 75/0,030; НІР ₀₅ (часткових порівнянь B) – $F_{\phi} < F_m/0,033$				
2024 рік				
1	2054/0,741	2125/0,756	2060/0,748	2080/0,748
2	2052/0,769	2135/0,792	2105/0,786	2097/0,782
3	2064/0,783	2142/0,799	2116/0,794	2107/0,792
4	2071/0,787	2133/0,790	2118/0,791	2107/0,789
5	2080/0,787	2171/0,806	2124/0,796	2125/0,796
6	2120/0,805	2210/0,824	2141/0,809	2157/0,813
Середнє	2074/0,779	2153/0,795	2111/0,787	2113/0,787
НІР ₀₅ (головного ефекту A) – 71/0,027; НІР ₀₅ (головного ефекту B) – 75/0,031; НІР ₀₅ (часткових порівнянь A) – 81/0,034; НІР ₀₅ (часткових порівнянь B) – 84/0,035				

Примітка: * – зміст варіантів чинника B наведено в пункті – Матеріали і методи.
** – у чисельнику – площа листя однієї рослини, см²; у знаменнику – індекс листової поверхні.

Площа листків однієї рослини досліджуваних гібридів соняшника на початку фази цвітіння (61-ша мікрофаза за кодом ВВСН) найбільшою була у варіанті сполучення передпосівної обробки насіння стимулятором проростання Гуміфілд Форте Брікс з трьома позакореновими підживленнями сумішшю стимуляторів росту Регоплант і Фульвітал Плюс з комплексним добривом «LF-соняшник». У середньому по досліджуваних гібридах у 2023 і 2024 рр. вона становила 7860 і 6832 см², що на 266 і 347 см² відповідно більше, ніж на контролі за НІР₀₅ – 237 і 160 см² відповідно (табл. 4).

Варто відмітити, що проведення третього позакоренового підживлення, як за показниками площі листків однієї рослини, так і за ІЛП посівів не мали переваги порівняно з варіантами де проводили два підживлення аналогічними баковими сумішами. При цьому мала місце позитивна тенденція росту показника. Так, різниця за площею листків однієї рослини між 6-им і 10-им варіантами чинника B у середньому по гібридах становила 9 см² (0,1 %) у 2023 р. і 10 см² (0,6 %) – у 2024 р.

Дещо більшою була різниця між показниками ІЛП – 0,5 % у 2023 р. і 0,9 % у 2024 р., що можна пояснити позитивним впливом третього позакореневого підживлення на зменшення редукції рослин порівняно з іншими варіантами. У більшій мірі це відмічалось в несприятливих погодних умовах 2024 р.

4. Площа листової поверхні рослин соняшника на початку фази цвітіння (61-ша мікрофаза за кодом ВВСН) за впливу передпосівної обробки насіння та позакорневих підживлень

Обробка насіння та підживлення (чинник <i>B</i>)	Гібрид (Чинник <i>A</i>)			Середнє
	СИ Честер	Конкорд	Террасол	
2023 рік				
1*	7445/3,028**	7800/3,145	7236/3,068	7594/3,080
2	7447/3,113	7936/3,252	7687/3,194	7690/3,186
3	7586/3,185	8042/3,285	7709/3,217	7779/3,229
4	7526/3,176	7972/3,274	7733/3,220	7744/3,223
5	7580/3,191	8005/3,290	7776/3,238	7787/3,240
6	7642/3,263	8026/3,313	7885/3,280	7851/3,285
7	7623/3,207	7897/3,293	7826/3,251	7782/3,250
8	7542/3,194	7964/3,281	7798/3,246	7768/3,240
9	7629/3,216	8028/3,302	7794/3,255	7818/3,258
10	7669/3,284	8068/3,328	7844/3,296	7860/3,303
Середнє	7569/3,186	7974/3,276	7759/3,227	7767/3,230
НІР ₀₅ (головного ефекту <i>A</i>) – 230/0,081; НІР ₀₅ (головного ефекту <i>B</i>) – 237/0,083; НІР ₀₅ (часткових порівнянь <i>A</i>) – 247/0,091; НІР ₀₅ (часткових порівнянь <i>B</i>) – 249/0,096				
2024 рік				
1	6430/2,320	6584/2,342	6441/2,339	6485/2,334
2	6458/2,418	6603/2,444	6500/2,427	6520/2,431
3	6507/2,468	6979/2,603	6546/2,456	6677/2,509
4	6447/2,450	6889/2,551	6535/2,441	6624/2,481
5	6529/2,470	7020/2,606	6619/2,480	6723/2,519
6	6619/2,514	7065/2,634	6695/2,530	6793/2,559
7	6581/2,483	7,007/2,610	6636/2,493	6741/2,529
8	6544/2,496	6950/2,593	6624/2,508	6706/2,532
9	6584/2,508	6977/2,608	6585/2,486	6715/2,534
10	6672/2,536	7131/2,659	6693/2,548	6832/2,581
Середнє	6537/2,466	6921/2,566	6587/2,471	6682/2,501
НІР ₀₅ (головного ефекту <i>A</i>) – 152/0,072; НІР ₀₅ (головного ефекту <i>B</i>) – 160/0,077; НІР ₀₅ (часткових порівнянь <i>A</i>) – 168/0,075; НІР ₀₅ (часткових порівнянь <i>B</i>) – 173/0,080				

Примітка: * – зміст варіантів чинника В наведено в пункті – Матеріали і методи.
** – у чисельнику – площа листя однієї рослини, см²; у знаменнику – індекс листової поверхні.

Найбільших змін площа листків однієї рослини досліджуваних гібридів соняшника, як і ІЛП посівів зазнавали за впливу погодних

умов і це, на нашу думку цілком логічно, оскільки, як вже вище відмічалось, вони були на рідкість контрастними. Достатня кількість опадів за вегетацію, рівномірний їх розподіл на фоні сприятливого температурного режиму в 2023 р. забезпечували формування значно більшої площі листової поверхні посівів досліджуваних гібридів соняшника. При цьому, різниця з часом тільки зростала. Зокрема, у середньому по варіантах чинників *A* і *B*, ІЛП посівів у 2023 р. на початку фази росту стебла був на 12 % більший, ніж у 2024 р., у фазі «зірочки» – на 16,8 %, а на початку фази цвітіння – на 29,2 %. Різке збільшення різниці між показниками ІЛП від фази «зірочки» до початку цвітіння у 2023 і 2024 рр. зумовлювалося виключно несприятливими погодними умовами в цей час у 2024 р., а саме – тривалою посухою на фоні аномально високих температур, які в денні години сягали 38,0 °С.

Ще більший вплив погодних умов відмічено на початку фази дозрівання насіння (81-ша мікрофаза за кодом ВВСН). Зокрема, у середньому по досліді ІЛП у цей час у погодних умовах 2023 р. становив 2,387, що на 37,2 % більше, ніж у 2024 р. (табл. 5).

Найвищих показників площа листової поверхні рослин соняшника зазвичай сягає у фазі цвітіння. У подальшому, через відтік пластичних речовин з нижніх листків до суцвіття і їх поступового відмирання, площа листків зменшується і чим більш несприятливі погодні умови – сильніша посуха і вищі температури, тим скоріше це відбувається. Саме з цим і пов'язане збільшення різниці між площею листової поверхні посівів соняшника у 2023 і 2024 рр. від початку фази цвітіння до початку фази наливання насіння.

Пізні позакореневі підживлення, за рахунок часткового нівелювання стресів і покращення живлення рослин, забезпечують довше функціонування листків, уповільнюють їх старіння і відмирання, саме цим можна пояснити більший їх вплив у фазі наливання насіння порівняно з фазою цвітіння. Так, у варіанті проведення трьох позакореневих підживлень сумішшю всіх досліджуваних продуктів, ІЛП на початку фази цвітіння у 2023 р. у середньому по гібридах був на 7,2 % вищий, ніж на контролі, а у фазі наливання насіння – на 10,6 %.

Відмічена закономірність проявлялася і в несприятливих погодних умовах 2024 р. Так, якщо за рахунок проведення трьох позакореневих підживлень сумішшю Регопланта, Фульвіталу Плюс і комплексного добрива «*LF*-соняшник» (10-й варіант чинника *B*) ІЛП у середньому по гібридах на початку фази цвітіння був на 10,6 % вищий, ніж на контролі, то на початку фази наливання насіння – на 13,3 %.

5. Площа листової поверхні рослин соняшника на початку фази наливання насіння (80-та мікрофаза за кодом ВВСН) за впливу передпосівної обробки насіння та позакоренових підживлень

Обробка насіння та підживлення (чинник <i>B</i>)	Гібрид (Чинник <i>A</i>)			Середнє
	СИ Честер	Конкорд	Террасол	
2023 рік				
1*	5664/2,241**	5940/2,352	5741/2,310	5782/2,301
2	5688/2,319	6081/2,449	5916/2,431	5895/2,400
3	5821/2,392	6191/2,493	5930/2,455	5981/2,447
4	5819/2,404	6174/2,495	5961/2,457	5985/2,452
5	5883/2,425	6204/2,507	5983/2,477	6023/2,470
6	5956/2,490	6223/2,534	6068/2,526	6082/2,517
7	5826/2,399	6171/2,496	6002/2,477	6000/2,457
8	5949/2,396	6219/2,513	6010/2,486	6059/2,465
9	5856/2,422	6257/2,539	6026/2,500	6046/2,487
10	5988/2,512	6303/2,569	6109/2,551	6133/2,544
Середнє	5845/2,400	6176/2,295	5976/2,467	6000/2,387
НІР ₀₅ (головного ефекту <i>A</i>) – 161/0,071; НІР ₀₅ (головного ефекту <i>B</i>) – 176/0,088; НІР ₀₅ (часткових порівнянь <i>A</i>) – 174/0,091; НІР ₀₅ (часткових порівнянь <i>B</i>) – 183/0,112				
2024 рік				
1	4489/1,578	4733/1,628	4529/1,609	4584/1,605
2	4506/1,651	4737/1,709	4572/1,675	4605/1,678
3	4575/1,700	5062/1,835	4613/1,700	4750/1,745
4	4514/1,683	4957/1,793	4624/1,698	4698/1,725
5	4595/1,707	5031/1,837	4697/1,731	4774/1,758
6	4670/1,745	5108/1,865	4754/1,768	4844/1,792
7	4578/1,701	5041/1,830	4668/1,728	4762/1,753
8	4571/1,710	5010/1,825	4668/1,736	4749/1,757
9	4630/1,728	5054/1,841	4673/1,738	4786/1,769
10	4693/1,760	5187/1,896	4804/1,799	4895/1,818
Середнє	4582/1,696	4992/1,806	4660/1,718	4745/1,740
НІР ₀₅ (головного ефекту <i>A</i>) – 113/0,041; НІР ₀₅ (головного ефекту <i>B</i>) – 127/0,057; НІР ₀₅ (часткових порівнянь <i>A</i>) – 130/0,069; НІР ₀₅ (часткових порівнянь <i>B</i>) – 142/0,072				

Примітка: * – зміст варіантів чинника В наведено в пункті – Матеріали і методи.
** – у чисельнику – площа листя однієї рослини, см²; у знаменнику – індекс листової поверхні.

Саме за рахунок уповільнення процесу старіння та відмирання листків у результаті проведення позакоренового підживлення у фазі бутонізації, різниця за показниками ІЛП посівів між варіантами проведення двох і трьох підживлень аналогічними баковими сумішами на початку наливання насіння була дещо більшою, ніж на початку фази цвітіння. Зокрема, у 2024 р. різниця за показниками ІЛП посівів між шостим і десятим варіантами на початку фази цвітіння становила 0,9 %, а на початку фази наливання насіння – 1,5 %.

Висновки. Аналіз показників площі листків однієї рослини та

ІЛП посівів досліджуваних гібридів соняшника показав їх істотну залежність від сполучення передпосівної обробки насіння та позакоренових підживлень. На початку фази росту стебла та фази «зірочки» ІЛП посівів досліджуваних гібридів соняшника найвищим був у варіанті поєднання передпосівної обробки насіння з двома позакореновими підживленнями розчином на основі суміші стимуляторів росту Регопланта і Фульвіталу Плюс з комплексним водорозчинним добривом «LF-соняшник». У 2023 і 2024 рр. у середньому по гібридах на початку фази росту стебла він становив 0,572 і 0,519 одиниць, а на початку фази «зірочки» – 0,935 і 0,813 одиниць. В обох випадках прибавка показника порівняно з контрольним варіантом була істотною.

На початку фаз цвітіння та наливання насіння ІЛП посівів соняшника найвищим був на варіантах сполучення обробки насіння стимулятором проростання Гуміфілд Форте з трьома позакореновими підживленнями сумішшю всіх досліджуваних продуктів. Ефект трьох позакоренових підживлень вищим був у менш сприятливих погодних умовах. Зокрема, ІЛП посівів у цьому варіанті в середньому по гібридах в умовах 2023 р. на початку цвітіння та наливання насіння був на 7,2 і 10,6 % відповідно вищий, ніж на контролі, тоді як у несприятливих погодних умовах 2024 р. – на 10,6 і 13,3 % відповідно.

В усі фази проведення обліків передпосівна обробка насіння у сполученні з позакореновими підживленнями більший вплив чинили на показник ІЛП посівів, ніж на площу листків однієї рослини, оскільки поряд із збільшенням площі листків однієї рослини, обробка насіння стимулювала проростання більшої кількості насінин, а підживлення сприяли збереженню більшої кількості рослин на одиниці площі.

Певної взаємодії досліджуваних чинників не відмічено оскільки варіанти чинника *B* забезпечували подібні зміни площі листової поверхні всіх гібридів. Таким чином, передпосівна обробка насіння у сполученні з двома і трьома позакореновими підживленнями сумішшю досліджуваних продуктів буде однаково ефективною на посівах гібридів соняшника різних за морфо-біотипом.

Ураховуючи підвищення ефективності третього позакоренового підживлення на формування більших показників листової поверхні рослин у менш сприятливих погодних умовах, та беручи до уваги той факт, що в умовах Східного Лісостепу погодні умови здебільшого є саме несприятливими для соняшника то, з точки зору формування площі листової поверхні, поряд із стимуляцією проростання насіння, доцільно проводити три позакоренові підживлення сумішшю на основі стимуляторів Регоплант і Фульвітал Плюс з розробленим спеціально для рослин соняшника комплексним водорозчинним добривом «LF-соняшник» у рекомендованих виробниками цих продуктів дозах.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Домарацький Є.О. Формування листової поверхні та фотосинтетична діяльність рослин соняшника залежно від добрив і ріст регулюючих речовин. *Аграрні інновації*. 2021. № 5. С. 22–29. [doi:10.32848/agrar.innov.2021.5.4](https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2021.5.4)
2. Борисенко В.В. Продуктивність різностиглих гібридів соняшника залежно від густоти посіву та ширини міжрядь у Лісостепу Правобережному: дис. ... канд. с.-г. наук: 06.01.09; Уманський національний університет садівництва. Умань, 2016. 152 с.
3. Домарацький Є.О. Вплив позакоренових підживлень комплексними багатофункціональними препаратами на кількісний рівень та якісний склад хлорофілового комплексу в рослинах соняшнику. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2018. Вип. 1. С. 142–151.
4. 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> (дата звернення: 14.02.2021).
5. Коваленко О.А., Паламарчук В.Д., Корхова В.Д., Нерода Р.С. Вплив позакоренових підживлень на продуктивність соняшнику в умовах Південного Степу України. *Сільське господарство та лісівництво*. 2022. № 25. С. 33–47. [doi:10.37128/2707-5826-2022-2-4](https://doi.org/10.37128/2707-5826-2022-2-4)
6. Прядко Н.Н. Новые элементы интенсивной технологии возделывания подсолнечника. *Агроном*. 2014. № 1. С. 156–158.
7. Spread Mustard and Prospects for Biofuels. Renewable Energy Sources / T. Kozina et al. Engineering, Technology, Innovation: ICORES 2017, 2018. P. 791–799.
8. Базалій В.В., Домарацький Є.О., Козлова О.П. Вплив біофунгіцидів і стимуляторів росту на продуктивність соняшнику та якість олійної сировини. *Зрошуване землеробство*. 2019. Вип. 71. С. 5–10.
9. Домарацький Є.О., Добровольський А.В., Домарацький О.О. Вплив багатофункціональних рістрегулюючих препаратів на формування продуктивності гібридів соняшнику високоолеїнового типу. *Таврійський науковий вісник*. 2020. Вип. 115. С. 32–41.
10. Домарацький Є.О. Економічне обґрунтування використання екологобезпечних препаратів у технологічних схемах вирощування соняшника. *Таврійський науковий вісник*. 2020. Вип. 111. С. 60–68.
11. 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)
12. 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.

13. Пати́ка В.П., Тарарі́ко Ю.О., Мельничук Т.М. Комплексне застосування біопрепаратів на основі азотфіксуючих, фосформобілізуючих мікроорганізмів, фізіологічно активних речовин і біологічних засобів захисту рослин: рекомендації. Київ: Аграрна наука, 2000. 36 с.

14. Тарарі́ко Ю.О. Стимулятори росту рослин у системі органічного землеробства. *Вісник аграрної науки*. 2014. № 5. С. 11–15.

15. Aksyonov I. Effect of cultivation measures on index of photosynthesis and yield of sunflower. *HELIA*. 2007. № 30. № 47. Р. 79–86.

16. Хасхачих М.В. Вплив густоти стояння рослин та способу сівби на динаміку показників сухої речовини та продуктивність фотосинтезу соняшнику в післяукісних посівах. *Зрошуване землеробство*. 2014. Вип. 56. С. 151–156.

17. Дмитров С.Г. Формування продуктивності гібридів соняшнику з генетичною стійкістю до гербіцидів в умовах Лісостепу України: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук: 06.01.09. Київ, 2016. 24 с.

18. Григор'єва О., Мірошник І. Мікробні препарати і комплексні добрива у технології вирощування соняшнику. *Пропозиція: журнал*. 2014. № 4. С. 80–81.

19. Домарацький А.В., Сидякіна О.В., Іванів М.О., Добровольський А.В. Біопрепарат нового покоління групи хелафіт у технології вирощування гібридів соняшнику на півдні України. *Таврійський науковий вісник*. 2017. № 98. С. 51–56.

20. Клименко І.І. Вплив регуляторів росту рослин і мікродобрива на урожайність насіння ліній та гібридів соняшнику. *Селекція і насінництво*. 2015. Вип. 107. С. 183–188.

21. Пати́ка В.П. Ефективність застосування біостимуляторів при вирощуванні соняшнику. *Агроекологічний журнал*. 2003. № 1. С. 43.

22. Коваленко О.А., Федорчук М.І., Нерода Р.С. Вирощування соняшника за використання мікродобрив і бактеріальних препаратів. *Scientific Progress & Innovations*, 2020. (2). С. 26–35. [doi:10.31210/visnyk2020.02.03](https://doi.org/10.31210/visnyk2020.02.03)

23. Поляков О.І., Літошко С.В. Динаміка накопичення сухої речовини соняшнику залежно від умов вирощування. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*, 2022. № 32. С. 84–98. [doi:10.36710/IOC-2022-32-09](https://doi.org/10.36710/IOC-2022-32-09)

24. 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.

25. Рожков А.О., Пузік В.К., Каленська С.М. й ін. Дослідна справа в агрономії: у 2 кн. Кн. 1: Теоретичні аспекти дослідної справи. Харків: Майдан, 2016. 316 с.

REFERENCES

1. Domaratskiy E.O. (2021). Leaf surface formation and photosynthetic activity of sunflower plants depending on fertilisers and growth regulators. *Agrarian innovations*. № 5. P. 22–29. [doi:10.32848/agraar.innov.2021.5.4](https://doi.org/10.32848/agraar.innov.2021.5.4)
2. Borysenko V.V. (2016). Productivity of differently ripe sunflower hybrids depending on sowing density and row spacing in the Forest-Steppe of the Right Bank: Dis.... PhD in Agricultural Sciences: 06.01.09; Uman National University of Horticulture. Uman, 152 p.
3. Domaratskiy E.O. (2018). Influence of foliar feeding with complex multifunctional preparations on the quantitative level and qualitative composition of chlorophyll complex in sunflower plants. *Bulletin of Agrarian Science of the Black Sea Region*. Issue 1. P. 142–151.
4. Domaratskiy E.O. (2018). Influence of growth-regulating drugs and mineral fertilisers on the nutritional regime of sunflower. *Scientific reports of NULES of Ukraine*. № 1(71). URL: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/article/view/dopovidi2018.01.017/8902>
5. Kovalenko O.A., Palamarchuk V.D., Korkhova V.D., Neroda R.S. (2022). The influence of foliar fertilization on the productivity of sunflower in the conditions of the Southern Steppe of Ukraine. *Agriculture and forestry*. №25. P. 33–47. [doi:10.37128/2707-5826-2022-2-4](https://doi.org/10.37128/2707-5826-2022-2-4)
6. Pryadko N.N. (2014). New elements of intensive sunflower cultivation technology. *Agronom*. № 1. P. 156–158.
7. Spread Mustard and Prospects for Biofuels. Renewable Energy Sources / T. Kozina et al. Engineering, Technology, Innovation: ICORES 2017, 2018. P. 791–799.
8. Bazalii V.V., Domaratskiy E.O., Kozlova O.P. (2019). Influence of biofungicides and growth stimulants on sunflower productivity and quality of oilseeds. *Irrigated agriculture*. Issue 71. P. 5–10.
9. Domaratskiy E.O., Dobrovolskiy A.V., Domaratskiy O.O. (2020). Influence of multifunctional growth-regulating preparations on the formation of productivity of sunflower hybrids of high oleic type. *Tavrian Scientific Bulletin*. Issue 115. P. 32–41.
10. Domaratskiy E.O. (2020). Economic substantiation of the use of environmentally friendly preparations in technological schemes of sunflower cultivation. *Tavrian Scientific Bulletin*. Issue 111. P. 60–68.
11. 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)
12. Totskiy 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.

13. Patyka V.P., Tarariko Y.O., Melnychuk T.M. (2000). Complex application of biological products based on nitrogen-fixing, phosphorus-binding microorganisms, physiologically active substances and biological plant protection products: recommendations. Kyiv: Agrarian Science. 36 p.

14. Tarariko Y.O. (2014). Plant growth stimulants in the system of organic farming. *Bulletin of Agrarian Science*. № 5. P. 11–15.

15. Aksyonov I. (2007). Effect of cultivation measures on index of photosynthesis and yield of sunflower. *HELIA*. № 30. P. 79–86.

16. Khaskhachyk M.V. (2014). Influence of plant density and sowing method on the dynamics of dry matter and photosynthesis productivity of sunflower in post-mowing crops. *Irrigated agriculture*. Issue 56. P. 151–156.

17. Dmytrov S.G. (2016). Formation of productivity of sunflower hybrids with genetic resistance to herbicides in the conditions of the Forest-Steppe of Ukraine: Dis... PhD in Agricultural Sciences: 06.01.09. Kyiv, 24 p.

18. Grigorieva O., Miroshnyk I. (2014). Microbial preparations and complex fertilisers in sunflower cultivation technology. *Journal – Proposal*. № 4. P. 80–81.

19. Domaratskyi A.V., Sidiyakina O.V., Ivaniv M.O., Dobrovolskyi A.V. (2017). A new generation biopreparation of the chelaphite group in the technology of growing sunflower hybrids in the south of Ukraine. *Taurian Scientific Bulletin*. № 98. P. 51–56.

20. Klymenko I.I. (2015). The influence of plant growth regulators and microfertilizers on the yield of seeds of sunflower lines and hybrids. *Breeding and seed production*. Issue 107. P. 183–188.

21. Patyka V.P. (2003). Effectiveness of the use of biostimulants in sunflower cultivation. *Agroecological journal*. № 1. P. 43.

22. Kovalenko O.A., Fedorchuk M.I., Neroda R.S. (2020). Sunflower cultivation using microfertilizers and bacterial preparations. *Scientific Progress & Innovations*, № 2, P. 26–35. [doi: 10.31210/visnyk2020.02.03](https://doi.org/10.31210/visnyk2020.02.03)

23. Polyakov O.I., Litoshko S.V. (2022). Dynamics of sunflower dry matter accumulation depending on growing conditions. *Scientific and technical bulletin of the Institute of Oil Crops of the National Academy of Sciences*, № 32. P. 84–98. [doi: 10.36710/IOC-2022-32-09](https://doi.org/10.36710/IOC-2022-32-09)

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.

V. Roenko, post-graduate student

A. Rozhkov, doctor of agricultural sciences, professor
State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine

Dynamics of leaf surface formation in sunflower plants under the influence of growth stimulants and complex water-soluble fertilizers

The results of two years of research on the complex effect of different variants of pre-sowing seed treatment and foliar feeding with different combinations of growth stimulants and complex water-soluble fertilizers on the dynamics of increasing the area of the assimilation surface of sunflower hybrids of different maturity groups are presented.

Formulation of the problem. In areas with insufficient moisture, including the research area, it is impossible to fully realise the high genetic potential of modern sunflower hybrids. As a result, the actual seed yield of this crop is realised at best by 40-50 %. In such conditions, complex preparations that, along with stimulation of growth processes, improve plant nutrition and increase the fertiliser utilisation rate by plants, exhibit anti-stress properties, reducing the impact of adverse weather conditions, namely drought, high and low temperatures, and their sudden changes, are of particular importance in technological schemes for growing field crops, including sunflower.

The purpose of the research. Taking into account the insufficient coverage of issues related to pre-sowing seed treatment and foliar feeding with innovative stimulants with different active bases and complex water-soluble fertilizers of the new generation at different stages of sunflower plant ontogeny on the dynamics of formation of their assimilation surface area, the purpose of the research was to clarify these issues.

Research methods. The research was conducted in 2023, 2024 on the basis of the farm «AGRO-2011» in Blyzniukivskyi district of Kharkiv region. A two-factor experiment was set up using the split-plot method. The plots of the first order included three sunflower hybrids – SI Chester, Concord and Terrasol, and the second order included 10 variants of innovative growth stimulants and complex water-soluble fertilisers for pre-sowing seed treatment and foliar feeding. The area of the sowing and accounting plots of the experiment was 112.0 and 73.5 m², respectively.

Three innovative growth stimulants – Regoplant, Fulvital Plus and Humifield Forte and the complex water-soluble fertilizer «LF-sunflower», developed specifically for foliar feeding of sunflower, were chosen for the research. The dose of Regoplant and Fulvital Plus growth stimulants and «LF-sunflower» complex fertilizer in one foliar application was 50 ml/ha, 0.40 l/ha and 1.5 l/ha, respectively. Pre-sowing seed treatment was carried out with the germination stimulator Humifield Forte at the rate of 0.8 l/t of seeds. Experimental design, observations, accounting and measurements were carried out according to generally accepted methods.

Research results. The high efficiency of pre-sowing seed treatment in combination with foliar fertilisation on the formation of higher leaf area of sunflower plants of the studied hybrids was established. During the 31st and 51st microphases the leaf area index of the crops of the studied sunflower hybrids was the highest in the variant of combining pre-sowing seed treatment with the germination stimulator Humifield Forte with two foliar fertilisations with a tank solution based on a mixture of growth stimulants Regoplant and Fulvital Plus with the complex water-soluble fertiliser «LF-sunflower». In 2023 and 2024, on average for the studied hybrids, the leaf surface index at the beginning of the stem growth phase in this variant was 0.572 and 0.519 units, and at the beginning of the budding phase – 0.935 and 0.813, respectively. A significant advantage over the control was proved on the basis of the statistical analysis of variance.

At the beginning of flowering and seed filling the leaf surface index of sunflower crops of all studied hybrids was the highest in the variants of combining seed treatment with the germination stimulator Humifield Forte with three foliar dressings with a mixture of Regoplant and Fulvital Plus with the complex water-soluble fertilizer «LF-sunflower». The effect of the three foliar applications was higher in less favourable weather conditions. Thus, the index of leaf surface of crops in this variant, on average for the studied hybrids, in the weather conditions of 2023 at the beginning of the flowering and seed filling phases was 7.2 and 10.6 % higher, respectively, than in the control, and in adverse weather conditions of 2024 – by 10.6 and 13.3 %, respectively.

Pre-sowing seed treatment and foliar fertilisation had a greater impact on the leaf area index of crops than on the leaf area per plant, as along with increasing the leaf area per plant, these elements ensured the survival of more plants and the difference in plant density only increased with each phase.

There was no significant interaction between hybrids and variants of pre-sowing seed treatment in combination with foliar fertilization, since the distribution of leaf area in all hybrids under the influence of variants of factor *B* was similar. That is, the highest values were in similar variants. Based on this, it can be argued that seed treatment in combination with two and three foliar applications with a mixture of all the studied preparations will be equally effective for sunflower hybrids of different morpho-biotypes.

Conclusions. Taking into account the increased positive effect of the third foliar application on the increase in leaf area of the plants of the studied sunflower hybrids in less favourable weather conditions, as well as the fact that in the Eastern Forest-Steppe weather conditions are mostly unfavorable for sunflower, it is advisable to carry out three foliar applications of the mixture based on growth stimulants Regoplant and Fulvital Plus, from the point of view of forming the leaf surface area, along with stimulating seed germination, it is advisable to carry out three foliar feeding with a mixture based on growth stimulants Regoplant and Fulvital Plus with a complex water-soluble fertilizer «LF-sunflower» developed specifically for sunflower in doses recommended by the manufacturers of these products.

Keywords: sunflower, seed treatment, foliar feeding, leaf surface index, growth stimulants, complex fertilizers, growth stages.

УДК 631.51.81:633.85.78

DOI 10.5281/zenodo.18492597

А.Д. Щербак, аспірант

О.І. Поляков, доктор с.-г. наук, ст. наук. співробітник

О.В. Нікітенко, ст. наук. співробітник

Інститут олійних культур НААН, Запоріжжя, Україна

ЗМІНА ПОКАЗНИКІВ ПРОДУКТИВНОСТІ СОНЯШНИКУ ЗАЛЕЖНО ВІД МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ І РЕГУЛЯТОРІВ РОСТУ

За результатами проведених трирічних досліджень встановлено вплив агроприйомів вирощування на формування продуктивності гібридів та сорту соняшнику.

За вирощування соняшнику із застосуванням мінеральних добрив показники кількості насінин та маси насіння з одного кошику зросли на: 62–126 шт. та 6,1–11,4 г у гібриду Серпанок; 31–90 шт. та 4,6–10,6 г у гібриду Маршал; 21–100 шт. та 3,9–10,7 г у гібриду Агент; 21–65 шт. та 4,3–10,0 г у сорту Камелот. Позакореневе підживлення регуляторами росту сприяло зростанню цих показників на: 23–111 шт. та 1,5–6,5 г у гібриду Серпанок; 13–82 шт. та 1,1–5,6 г у гібриду Маршал; 16–101 шт. та 2,0–6,5 г у гібриду Агент; 6–70 шт. та 0,8–6,0 г у сорту Камелот. Зі збільшенням дози мінеральних добрив ефективність регуляторів росту знижується.

Під дією мінеральних добрив маса 1000 насінин зросла по відношенню до контролю (без добрив) на: 2,0–3,9 г у гібриду Серпанок; 2,1–4,3 г у гібриду Маршал; 2,1–4,1 г у гібриду Агент; 2,2–5,8 г у сорту Камелот. Найбільший приріст цього показника від добрив відмічено у сорту Камелот. Найбільші значення маси 1000 насінин для гібридів та сорту отримано за внесення мінеральних добрив в дозі $N_{60}P_{60}K_{60}$. Під впливом регуляторів росту показники маси 1000 насінин залежно від фону живлення зросли на: 0,3–0,9 г у гібриду Серпанок; 0,2–0,9 г у гібридів Маршал та Агент; 0,2–1,1 г у сорту Камелот. Найбільший приріст цього показника від регуляторів росту, також, відмічено у сорту Камелот.

Найбільші значення кількості насінин та маси насіння з одного кошику й маси 1000 насінин для гібридів та сорту отримано за варіантів застосування регуляторів росту Фульвігрин Стимул у фазу 3–4 і 6–8 пар листків + Церон у фазу 8–10 пар листків та Фульвітал Плюс у фазу 3–4 і 6–8 пар листків + Церон у фазу 8–10 пар листків.

Приріст врожайності від мінеральних добрив дорівнював: 0,28–0,54 т/га у гібриду Серпанок; 0,22–0,48 т/га у гібриду Маршал; 0,23–0,50 т/га у гібриду Агент та 0,18–0,41 т/га у сорту Камелот. Позакореневе підживлення регуляторами росту сприяло збільшенню врожайності на: 0,07–0,28 т/га у гібриду Серпанок; 0,06–0,25 т/га у гібриду Маршал; 0,08–0,28 т/га у гібриду Агент та 0,04–0,24 т/га у сорту Камелот.

Більший рівень врожайності соняшнику гібридів Серпанок (3,66–3,69 т/га) та Маршал (3,33–3,36 т/га) забезпечило вирощування на фоні внесення мінеральних добрив в дозах $N_{40}P_{60}$, $N_{60}P_{90}$ та $N_{60}P_{60}K_{60}$ з обприскуванням посівів регуляторами росту Фульвігрин Стимул у фазу 3–4 і 6–8 пар листків + Церон у фазу 8–10 пар листків та Фульвітал Плюс у фазу 3–4 і 6–8 пар листків + Церон у фазу 8–10 пар листків, а гібриду Агент (3,56–3,59 т/га) та сорту Камелот (3,08 та 3,11 т/га) – на фоні внесення мінеральних добрив в дозах $N_{60}P_{90}$ та $N_{60}P_{60}K_{60}$ з обприскуванням посівів регуляторами росту Фульвігрин Стимул у фазу 3–4 і 6–8 пар листків + Церон у фазу 8–10 пар листків та Фульвітал Плюс у фазу 3–4 і 6–8 пар листків + Церон у фазу 8–10 пар листків.

Ключові слова: соняшник, гібрид, сорт, мінеральне добриво, регулятор росту рослин, елемент продуктивності, врожайність.

Вступ. Найважливішою частиною обміну речовин у рослинному організмі, яке визначає спрямованість біохімічних перетворень речовин, ріст, розвиток, продуктивність рослин та якість урожаю є їх живлення.

Соняшник вимогливий до запасів поживних речовин в ґрунті, які можливо поповнити за рахунок внесення мінеральних добрив, що дозволить максимально вплинути на процес росту і розвитку рослини

та в подальшому на рівень врожайності [1, 2]. Для підвищення врожайності соняшнику необхідне використання сучасних науково-обґрунтованих технологій його вирощування, які насамперед базуються на впровадженні високопродуктивних гібридів і сортів, науково-обґрунтованому застосуванні мінеральних добрив та регуляторів росту. Особливо важливим є забезпечення рослин додатковим живленням макро- й мікроелементами при вирощуванні високоврожайних гібридів і сортів з високим генетичним потенціалом [3].

Застосування мінеральних добрив сприяє інтенсивнішому росту соняшнику, що сприяє підвищенню його конкурентоспроможності в боротьбі з бур'янами за вологу та поживні речовини. Ефективність використання добрив, на частку яких може припадати до 70 % загального приросту врожаю, значною мірою залежить від оптимального співвідношення елементів живлення.

Мікроелементи підвищують активність багатьох ферментів і ферментативних систем в рослинному організмі та покращують використання рослинами поживних речовин з ґрунту і добрив. Вони здатні прискорювати розвиток рослин і дозрівання насіння, підвищувати стійкість рослин до несприятливих умов навколишнього середовища та проти ряду бактеріальних та грибкових захворювань. За рахунок їх застосування істотно покращуються ростові процеси рослин соняшнику та зростає врожайність насіння [4, 5, 6].

Метою досліджень було встановлення особливостей формування продуктивності гібридів та сорту соняшнику під впливом мінеральних добрив та регуляторів росту рослин в умовах Південного Степу України.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. За результатами досліджень, які проведені в попередні роки, вчені прийшли висновку, що внесення різних видів та доз добрив по-різному впливає на продуктивність соняшнику.

Кудріна В.С. визначила, що в умовах Південного Степу під впливом мінеральних добрив урожайність соняшнику зросла на 8,3–39,3 %. Максимальний її рівень отримано за проведення позакореневих підживлень Фреш Енергією 0,5 кг/га у фазу 3–4 пар листків та Фреш Флоріду 0,5 кг/га у період бутонізації [7].

Кохан А.В. установив, що застосування мікробіологічного добрива Байкал ЕМ-1 стимулює більш інтенсивний розвиток ґрунтової мікрофлори ризоплани культури, за рахунок впливу мікроорганізмів на поживний режим ґрунту суттєво покращує фізіологічний стан рослин соняшнику, та, відповідно, їх продуктивність [8].

Вирощування соняшнику в умовах Правобережного Степу за внесення азотних добрив у поєднанні з фосфорними та калійними в дозі $N_{40}P_{40}K_{40}$ сприяло поліпшенню поживного режиму ґрунту та створенню

більш сприятливих умов для росту й розвитку рослин соняшника і підтримання родючості ґрунту, що забезпечило найвищу врожайність насіння гібриду LG55.82 – 3,85 т/га [9].

Внесення добрив в поєднанні з рістрегулюючими препаратами в умовах Миколаївської області сприяло підвищенню урожайності соняшника на 29–40 % [10].

В умовах Херсонської області за результатами досліджень встановлено, що найбільшу врожайність соняшнику – 3,56 т/га отримано за проведення двох позакоренових підживлень Фреш Енергією 0,5 кг/га у фазу 3–4 листків та Фреш флоридом 0,5 кг/га у період бутонізації, що перевищує контроль на 1,04 т/га або 41,3 % [11].

Літошко С.В. визначив, що найбільша врожайність соняшнику гібриду Ратник – 3,46 і 3,45 т/га отримана при вирощуванні за класичної системи основного обробітку ґрунту, внесенні добрив в дозі $N_{60}P_{60}K_{60}$ під передпосівну культивуацію та варіантів застосування препаратів: Рост-концентрат + Хелатин олійні (6–8 пар справжніх листків); 1 обробка: Хелатин фосфор-калій + Хелатин мультімікс + Хелатин моно бор (3–4 пар справжніх листків) + 2 обробка: Хелатин моно бор (6–8 пар справжніх листків) [12].

Дослідники Гарбар Л.А., Ліщук У. та ін. довели, що за різних умов живлення найбільш урожайним виявився гібрид Купава з максимальним показником урожайності за внесення $N_{36}P_{56}K_{108}S_{28} + N_{23}$ + Еколайн Бор (у фазі 4 та 8 листків по 1 л/га) – 3,46 т/га [13].

В умовах Лісостепу Західного комплексне застосування Вермийодис та Вермимаг для передпосівної обробки насіння та дворазового обприскування посівів у період вегетації сприяло збільшенню врожайності соняшнику на 10,6 % [14].

Гангур В.В. довів, що найбільш сприятливі умови для формування врожаю соняшника в Лісостепу Лівобережному створювалися за проведення допосівної обробки насіння біостимулятором Марс ELBi та листового підживлення посівів препаратом Ендофіт L1. Приріст урожайності насіння соняшника порівняно з контролем становив 0,34 т/га або 12,7 % [15].

За результатами досліджень з вивчення впливу трьох форм азотних добрив в якості підживлення на продуктивність сортів соняшнику в ґрунтово-кліматичних умовах Східної Анталії (Туреччина) встановлено, що найвищі показники елементів продуктивності, а саме діаметра кошика та маси 1000 насінин отримано за підживлення посівів соняшнику карбамідом в порівнянні з сульфатом та нітратом амонія [16].

Дослідниками Університету Тарбіат Модарес (Іран) доведено, що найбільша врожайність соняшнику – 2,82 т/га отримана за

комбінованого внесення азотних добрив та гною. Відмічено також позитивний вплив біодобрив *Azospirillum* і *Azotobacter* на врожайність та якість насіння соняшнику [17].

Найбільші показники елементів продуктивності та врожайності соняшнику – 2,74 т/га в умовах Індонезії забезпечило застосування мінеральних добрив в дозі $N_{150}P_{75}K_{50}$ [18].

Вчені Центральної дослідницької ферми з рослинництва, Департамент агрономії (Індія) встановили, що під впливом мінеральних добрив та регуляторів росту зростали показники висоти рослин до 128,6 см, кількості листя на рослині до 22 шт., кількості насіння в кошику до 370 шт. та врожайності до 2,90 т/га [19].

Для ґрунтово-кліматичних умов Бразилії (Федеральний університет Сеара) встановлено позитивний вплив доз азоту: 50; 25; 12,5; 6,25 і 3,2 кг/га на ріст та продуктивність ранньостиглого гібриду соняшнику BRS 323, а саме: масу 1000 насінин, вміст олії в насінні, площу листової поверхні, суху масу речовини рослини соняшнику та врожайність [20].

Методика досліджень. Дослідження проводили у 2021–2023 роках на полях Інституту олійних культур НААН. 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 гібридів соняшнику Серпанок, Маршал, Агент і сорту Камелот проводили в першій декаді травня з шириною міжрядь 70 см з нормою висіву – 50 тис. схожих насінин на га. Варіанти застосування мінеральних добрив: 1. Без добрив (контроль); 2. $N_{30}P_{40}$; 3. $N_{40}P_{60}$; 4. $N_{60}P_{90}$; 5. $N_{60}P_{60}K_{60}$. Варіанти застосування регуляторів росту: 1. Без застосування (контроль); 2. Фульвігрин Стимул (1,5 л/га) у фазу 3–4 та 6–8 пар листків; 3. Фульвітал Плюс (0,45 л/га) у фазу 3–4 та 6–8 пар листків; 4. Фульвігрин Стимул (1,5 л/га) у фазу 3–4 та 6–8 пар листків + Церон (1,0 л/га) у фазу 8–10 пар листків; 5. Фульвітал Плюс (0,45 л/га) у фазу 3–4 та 6–8 пар листків + Церон (1,0 л/га) у фазу 8–10 пар листків.

Повторність у досліді триразова. Розміщення ділянок – послідовне.

Закладання досліду, облік, вимірювання та супутні спостереження проводили за методиками польових дослідів [21, 22].

Дисперсійний аналіз здійснювали в програмному пакеті Microsoft Excel на основі методик викладених Рожковим А.О. та ін. [23].

Результати досліджень та їх обговорення. Зі зміною фонів живлення від контролю (без добрив) до максимальної дози продуктивність соняшнику зростала, про що свідчать показники її

елементів.

У середньому за три роки кількість насінин з кошика найменшою була за вирощування соняшнику на фоні без добрив і залежно від варіанту застосування регуляторів росту становила: у гібриду Серпанок 1373–1484; у гібриду Маршал 1043–1125; у гібриду Агент 1180–1281; у сорту Камелот 848–918 шт. За вирощування соняшнику із застосуванням мінеральних добрив кількість насінин зросла відповідно на: 62–126; 31–90; 21–100; 21–65 шт. В середньому за фактором А (застосування мінеральних добрив) кількість насінин з одного кошику на контролі становила: 1443 шт. у гібриду Серпанок; 1095 шт. у гібриду Маршал; 1243 шт. у гібриду Агент; 896 шт. у сорту Камелот. Залежно від дози мінеральних добрив, середні значення зросли відповідно на: 75–94 шт.; 48–67 шт.; 44–73 шт.; 33–39 шт. (табл. 1).

Позакоренеve підживлення регуляторами росту сприяло зростанню кількості насінин у кошику на: 23–111 шт. у гібриду Серпанок; 13–82 шт. у гібриду Маршал; 16–101 шт. у гібриду Агент; 6–70 шт. у сорту Камелот. Слід відмітити, що зі збільшенням дози мінеральних добрив ефективність регуляторів росту знижується. В середньому за фактором С (застосування регуляторів росту) в наслідок позакореневого підживлення кількість насінин з одного кошику збільшилась на: 42–69 шт. у гібриду Серпанок; 29–55 шт. у гібриду Маршал; 41–65 шт. у гібриду Агент; 27–48 шт. у сорту Камелот.

Найбільші значення кількості насінин з одного кошику для гібридів та сорту отримано за варіантів застосування регуляторів росту Фульвігрин Стимул у фазу 3–4 і 6–8 пар листків + Церон у фазу 8–10 пар листків та Фульвітал Плюс у фазу 3–4 і 6–8 пар листків + Церон у фазу 8–10 пар листків.

1. Вплив мінеральних добрив і регуляторів росту на кількість насінин з 1 кошика гібридів та сорту соняшнику, шт. (2021–2023 рр.)

Застосування регуляторів росту (С)	Застосування мінеральних добрив (А)					Середнє	± до контр олю
	Без добрив (конт- роль)	N ₃₀ P ₄₀	N ₄₀ P ₆₀	N ₆₀ P ₉₀	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀		
Серпанок							
1	1373	1470	1488	1499	1491	1464	-
2	1447	1520	1549	1534	1526	1515	51
3	1442	1521	1527	1522	1520	1506	42
4	1468	1534	1557	1543	1539	1528	64
5	1484	1546	1564	1541	1528	1533	69
Середнє	1443	1518	1537	1528	1521		
± до контролю	-	75	94	85	78		

Маршал							
1	1043	1096	1129	1133	1133	1107	-
2	1087	1153	1160	1171	1146	1143	36
3	1099	1136	1144	1151	1148	1136	29
4	1123	1168	1180	1180	1157	1162	55
5	1125	1161	1177	1176	1156	1159	52
Середнє	1095	1143	1158	1162	1148		
± до контролю	-	48	63	67	53		
Агент							
1	1180	1236	1272	1280	1280	1250	-
2	1252	1299	1318	1323	1328	1304	54
3	1244	1289	1312	1314	1296	1291	41
4	1281	1302	1337	1334	1322	1315	65
5	1259	1309	1341	1331	1305	1309	59
Середнє	1243	1287	1316	1316	1306		
± до контролю	-	44	73	73	63		
Камелот							
1	848	891	910	912	913	895	-
2	902	938	933	937	931	928	33
3	900	929	927	933	919	922	27
4	913	953	943	944	941	939	44
5	918	954	951	951	939	943	48
Середнє	896	933	933	935	929		
± до контролю	-	37	37	39	33		
НІР ₀₉₅ : А – 8,9-10,3; В – 10,6-12,6; С – 8,0-9,1; АВС – 31,5-37,8							

Показники маси насіння з одного кошику також зросли під дією додаткового живлення. В середньому за три роки досліджень маса насіння становила на контролі (без добрив): 64,6–71,1 г у гібриду Серпанок; 59,9–65,5 г у гібриду Маршал; 63,1–69,6 г у гібриду Агент; 60,9–66,9 г у сорту Камелот. Застосування мінеральних добрив сприяло збільшенню маси насіння з одного кошику відповідно на 6,1–11,4 г у гібриду Серпанок; 4,6–10,1 г у гібриду Маршал; 3,9–10,7 г у гібриду Агент; 4,3–10,0 г у сорту Камелот. В середньому за фактором А, залежно від дози мінеральних добрив значення маси насіння зросли на 6,9–9,2 г у гібриду Серпанок; 5,4–8,0 г у гібриду Маршал; 5,2–8,6 г у гібриду Агент; 5,0–7,3 г у сорту Камелот по відношенню до контролю: 68,7; 63,5; 67,3; 65,1 г відповідно (табл. 2).

Під впливом регуляторів росту маса насіння з кошику збільшилась за усіх фонів мінерального живлення на: 1,5–6,5 г у гібриду Серпанок; 1,1–5,6 г у гібриду Маршал; 2,0–6,5 г у гібриду Агент; 0,8–6,0 г у сорту Камелот. Слід відмітити, що найбільш ефективною дія регуляторів росту виявилась на фоні без добрив. В

середньому за фактором С маса насіння з одного кошику дорівнювала: 72,7–76,9 г у гібриду Серпанок; 66,7–70,5 г у гібриду Маршал; 70,2–74,6 г у гібриду Агент; 67,4–71,6 г у сорту Камелот. У порівнянні з контролем, значення зросли відповідно на: 2,6–4,2; 2,2–3,8; 2,9–4,4; 2,5–4,2 г.

Найбільші значення маси насіння з одного кошику для гібридів та сорту отримано за варіантів застосування регуляторів росту Фульвігрин Стимул у фазу 3–4 і 6–8 пар листків + Церон у фазу 8–10 пар листків та Фульвітал Плюс у фазу 3–4 і 6–8 пар листків + Церон у фазу 8–10 пар листків.

За результатами проведених досліджень встановлено вплив мінеральних добрив та регуляторів росту на показники маси 1000 насінин соняшнику. Так, під дією мінеральних добрив маса 1000 насінин зросла по відношенню до контролю (без добрив) на: 2,0–3,9 г у гібриду Серпанок; 2,1–4,3 г у гібриду Маршал; 2,1–4,1 г у гібриду Агент; 2,2–5,8 г у сорту Камелот. Найбільший приріст цього показника від добрив відмічено у сорту Камелот. Найбільші значення маси 1000 насінин для гібридів та сорту отримано за внесення мінеральних добрив в дозі $N_{60}P_{60}K_{60}$. В середньому за фактором А маса 1000 насінин становила: 47,5–51,1 г у гібриду Серпанок; 57,9–61,9 г у гібриду Маршал; 53,9–57,7 г у гібриду Агент та 72,6–77,9 г у сорту Камелот. Застосування мінеральних добрив сприяло збільшенню середніх значень маси 1000 насінин на: 2,2–3,6; 2,3–4,0; 2,2–3,8; 2,4–5,3 г відповідно (табл. 3).

2. Вплив мінеральних добрив і регуляторів росту на масу насіння з 1 кошика гібридів та сорту соняшнику, г (2021–2023 рр.)

Застосування регуляторів росту (С)	Застосування мінеральних добрив (А)					Середнє	± до конт-ролю
	Без добрив (конт-роль)	N ₃₀ P ₄₀	N ₄₀ P ₆₀	N ₆₀ P ₉₀	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀		
Серпанок							
1	64,6	72,7	74,5	75,8	76,0	72,7	-
2	69,0	75,8	78,2	78,1	78,2	75,9	3,2
3	68,6	75,7	77,1	77,3	77,8	75,3	2,6
4	70,2	76,7	78,7	78,8	79,1	76,7	4,0
5	71,1	77,2	79,1	78,5	78,4	76,9	4,2
Середнє	68,7	75,6	77,5	77,7	77,9		
± до контролю	-	6,9	8,8	9,0	9,2		
Маршал							
1	59,9	65,7	68,5	69,4	70,0	66,7	-
2	63,0	69,5	70,7	72,1	71,1	69,3	2,6
3	64,0	68,6	69,8	70,9	71,3	68,9	2,2
4	65,3	70,6	72,1	72,8	71,8	70,5	3,8

5	65,5	70,1	72,0	72,5	71,9	70,4	3,7
Середнє	63,5	68,9	70,6	71,5	71,2		
± до контролю	-	5,4	7,1	8,0	7,7		
Агент							
1	63,1	69,1	71,8	73,4	73,8	70,2	-
2	67,9	73,3	74,9	76,2	76,9	73,8	3,6
3	67,2	72,7	74,6	75,7	75,1	73,1	2,9
4	69,6	73,5	76,2	77,0	76,8	74,6	4,4
5	68,5	74,0	76,3	77,0	75,8	74,3	4,1
Середнє	67,3	72,5	74,8	75,9	75,7		
± до контролю	-	5,2	7,5	8,6	8,4		
Камелот							
1	60,9	66,5	68,9	70,0	70,9	67,4	-
2	65,6	70,5	71,1	72,3	72,6	70,4	3,0
3	65,5	69,8	70,6	71,9	71,7	69,9	2,5
4	66,7	71,6	71,9	72,9	73,6	71,3	3,9
5	66,9	71,9	72,5	73,5	73,4	71,6	4,2
Середнє	65,1	70,1	71,0	72,1	72,4		
± до контролю	-	5,0	5,9	7,0	7,3		
НІР ₀₉₅ : А – 0,47-0,59; В – 0,59-0,67; С – 0,49-0,62; АВС – 2,19-2,37							

Під впливом регуляторів росту показники маси 1000 насінин залежно від фону живлення зросли на: 0,3–0,9 г у гібриду Серпанок; 0,2–0,9 г у гібридів Маршал та Агент; 0,2–1,1 г у сорту Камелот. Найбільший приріст цього показника від регуляторів росту, також, відмічено у сорту Камелот. В середньому за фактором С позакореневе підживлення сприяло збільшенню маси 1000 насінин у всіх гібридів на 0,4–0,6 г та у сорту Камелот на 0,5–0,7 г.

3. Вплив мінеральних добрив і регуляторів росту на масу 1000 насінин гібридів та сорту соняшнику, г (2021–2023 рр.)

Застосування регуляторів росту (С)	Застосування мінеральних добрив (А)					Середнє	± до контролю
	Без добрив (контроль)	N ₃₀ P ₄₀	N ₄₀ P ₆₀	N ₆₀ P ₉₀	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀		
Серпанок							
1	46,9	49,3	49,9	50,4	50,8	49,5	-
2	47,6	49,8	50,4	50,8	51,1	49,9	0,4
3	47,5	49,6	50,4	50,7	51,1	49,9	0,4
4	47,7	49,9	50,5	51,0	51,3	50,1	0,6
5	47,8	49,8	50,5	50,9	51,2	50,0	0,5
Середнє	47,5	49,7	50,3	50,8	51,1		
± до контролю	-	2,2	2,8	3,3	3,6		
Маршал							

1	57,3	59,9	60,6	61,2	61,6	60,1	-
2	57,9	60,2	60,9	61,4	61,9	60,5	0,4
3	58,1	60,3	61,0	61,5	62,0	60,6	0,5
4	58,1	60,3	61,1	61,6	61,9	60,6	0,5
5	58,2	60,3	61,1	61,6	62,1	60,7	0,6
Середнє	57,9	60,2	60,9	61,5	61,9		
± до контролю	-	2,3	3,0	3,6	4,0		
Агент							
1	53,3	55,7	56,2	57,1	57,4	55,9	-
2	54,0	56,2	56,6	57,4	57,7	56,4	0,5
3	53,9	56,1	56,7	57,3	57,7	56,3	0,4
4	54,2	56,3	56,8	57,5	57,8	56,5	0,6
5	54,2	56,3	56,7	57,6	57,9	56,5	0,6
Середнє	53,9	56,1	56,6	57,4	57,7		
± до контролю	-	2,2	2,7	3,5	3,8		
Камелот							
1	71,8	74,5	75,6	76,7	77,6	75,2	-
2	72,6	75,1	76,1	77,0	77,8	75,7	0,5
3	72,7	75,1	76,0	77,0	77,9	75,7	0,5
4	72,9	75,1	76,1	77,1	78,0	75,8	0,6
5	72,8	75,3	76,2	77,2	78,1	75,9	0,7
Середнє	72,6	75,0	76,0	77,0	77,9		
± до контролю	-	2,4	3,4	4,4	5,3		
НІР ₀₉₅ : А – 0,09-0,11; В – 0,15-0,18; С – 0,10-0,11; АВС – 0,48-0,52							

Найбільші значення маси 1000 насінин для гібридів та сорту отримано за варіантів застосування регуляторів росту Фульвігрин Стимул у фазу 3–4 і 6–8 пар листків + Церон у фазу 8–10 пар листків та Фульвітал Плюс у фазу 3–4 і 6–8 пар листків + Церон у фазу 8–10 пар листків.

В середньому за роки досліджень рівень урожайності соняшнику на контролі (без добрив) становив, залежно від варіанту застосування регуляторів росту: 3,03–3,31 т/га гібриду Серпанок; 2,76–3,01 т/га гібриду Маршал; 2,93–3,21 т/га гібриду Агент та 2,59–2,83 т/га сорту Камелот. При цьому, приріст врожайності від регуляторів росту дорівнював відповідно: 0,18–0,28; 0,18–0,25; 0,21–0,28; 0,17–0,24 т/га. Вирощування соняшнику на фоні N₃₀P₄₀ забезпечило приріст врожайності: 0,28–0,35 т/га у гібриду Серпанок; 0,22–0,28 т/га у гібриду Маршал; 0,23–0,28 т/га у гібриду Агент та 0,18–0,22 т/га у сорту Камелот. Обприскування посівів регуляторами росту на цьому фоні було дещо менш ефективним та приріст становив відповідно: 0,16–0,21; 0,15–0,21; 0,18–0,23 та 0,14–0,21 т/га. За внесення добрив в дозі N₄₀P₆₀ отримали приріст врожайності: 0,36–0,45 т/га у гібриду Серпанок; 0,30–0,39 т/га у гібриду Маршал; 0,31–0,39 т/га у гібриду

Агент та 0,22–0,30 т/га у сорту Камелот. Приріст від регуляторів росту знизився до: 0,14–0,19 т/га у гібриду Серпанок; 0,12–0,19 т/га у гібриду Маршал; 0,16–0,23 т/га у гібриду Агент та 0,10–0,17 т/га у сорту Камелот. Приріст врожайності від мінеральних добрив в дозі $N_{60}P_{90}$ дорівнював: 0,38–0,51 т/га у гібриду Серпанок; 0,34–0,46 т/га у гібриду Маршал; 0,37–0,48 т/га у гібриду Агент та 0,26–0,37 т/га у сорту Камелот. При цьому приріст від регуляторів росту був ще меншим: 0,09–0,15 т/га у гібриду Серпанок; 0,09–0,14 т/га у гібриду Маршал; 0,13–0,18 т/га у гібриду Агент та 0,07–0,13 т/га у сорту Камелот. Вирощування соняшнику на фоні $N_{60}P_{60}K_{60}$ забезпечило приріст врожайності від мінеральних добрив: 0,38–0,54 т/га у гібриду Серпанок; 0,33–0,48 т/га у гібриду Маршал; 0,36–0,50 т/га у гібриду Агент та 0,28–0,41 т/га у сорту Камелот. В той же час, на фоні повного добрива приріст від регуляторів росту був найменшим: 0,07–0,12 т/га у гібриду Серпанок; 0,06–0,12 т/га у гібриду Маршал; 0,08–0,14 т/га у гібриду Агент та 0,04–0,11 т/га у сорту Камелот (табл. 4).

У середньому за фактором А, врожайність під впливом мінеральних добрив зростає по відношенню до контролю на: 0,32–0,43 т/га у гібриду Серпанок; 0,25–0,37 т/га у гібриду Маршал; 0,25–0,40 т/га у гібриду Агент та 0,20–0,31 т/га у сорту Камелот.

В середньому за фактором С, врожайність під впливом регуляторів росту зростає по відношенню до контролю на: 0,13–0,19 т/га у гібриду Серпанок; 0,13–0,18 т/га у гібриду Маршал; 0,15–0,21 т/га у гібриду Агент та 0,10–0,17 т/га у сорту Камелот.

4. Вплив мінеральних добрив і регуляторів росту на врожайність гібридів та сорту соняшнику, т/га (2021–2023 рр.)

Застосування регуляторів росту (С)	Застосування мінеральних добрив (А)					Середнє	± до контролю
	Без добрив (контроль)	N ₃₀ P ₄₀	N ₄₀ P ₆₀	N ₆₀ P ₉₀	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀		
Серпанок							
1	3,03	3,38	3,48	3,54	3,57	3,40	-
2	3,22	3,54	3,63	3,65	3,65	3,54	0,14
3	3,21	3,55	3,62	3,63	3,64	3,53	0,13
4	3,29	3,59	3,66	3,68	3,67	3,58	0,18
5	3,31	3,59	3,67	3,69	3,69	3,59	0,19
Середнє	3,21	3,53	3,61	3,64	3,64		
± до контролю	-	0,32	0,40	0,43	0,43		
Маршал							
1	2,76	3,04	3,15	3,22	3,24	3,08	-
2	2,94	3,22	3,29	3,32	3,30	3,21	0,13
3	2,97	3,19	3,27	3,31	3,31	3,21	0,13
4	3,00	3,23	3,33	3,34	3,33	3,25	0,17

5	3,01	3,25	3,34	3,36	3,36	3,26	0,18
Середнє	2,94	3,19	3,28	3,31	3,31		
± до контролю	-	0,25	0,34	0,37	0,37		
Агент							
1	2,93	3,21	3,32	3,41	3,43	3,26	-
2	3,15	3,40	3,49	3,54	3,54	3,42	0,16
3	3,14	3,39	3,48	3,54	3,51	3,41	0,15
4	3,21	3,44	3,52	3,58	3,57	3,46	0,20
5	3,20	3,44	3,55	3,59	3,56	3,47	0,21
Середнє	3,13	3,38	3,47	3,53	3,52		
± до контролю	-	0,25	0,34	0,40	0,39		
Камелот							
1	2,59	2,81	2,89	2,96	3,00	2,85	-
2	2,77	2,95	3,00	3,05	3,06	2,97	0,12
3	2,76	2,95	2,99	3,03	3,04	2,95	0,10
4	2,82	3,00	3,04	3,08	3,10	3,01	0,16
5	2,83	3,02	3,06	3,09	3,11	3,02	0,17
Середнє	2,75	2,95	3,00	3,04	3,06		
± до контролю	-	0,20	0,25	0,29	0,31		
НІР ₀₉₅ , т/га А – 0,02-0,03; В – 0,02-0,04; С – 0,02-0,03; АВС – 0,09-0,14.							

Більший рівень врожайності соняшнику гібридів Серпанок (3,66–3,69 т/га) та Маршал (3,33–3,36 т/га) забезпечило вирощування на фоні внесення мінеральних добрив в дозах $N_{40}P_{60}$, $N_{60}P_{90}$ та $N_{60}P_{60}K_{60}$ з обприскуванням посівів регуляторами росту Фульвігрин Стимул у фазу 3–4 і 6–8 пар листків + Церон у фазу 8–10 пар листків та Фульвітал Плюс у фазу 3–4 і 6–8 пар листків + Церон у фазу 8–10 пар листків, а гібриду Агент (3,56–3,59 т/га) та сорту Камелот (3,08 та 3,11 т/га) – на фоні внесення мінеральних добрив в дозах $N_{60}P_{90}$ та $N_{60}P_{60}K_{60}$ з обприскуванням посівів регуляторами росту Фульвігрин Стимул у фазу 3–4 і 6–8 пар листків + Церон у фазу 8–10 пар листків та Фульвітал Плюс у фазу 3–4 і 6–8 пар листків + Церон у фазу 8–10 пар листків.

Висновки. За результатами проведених трирічних досліджень встановлено вплив агроприйомів вирощування на формування продуктивності гібридів та сорту соняшнику:

– за вирощування соняшнику із застосуванням мінеральних добрив показники кількості насіння та маси насіння з одного кошику зросли на: 62–126 шт. та 6,1–11,4 г у гібриду Серпанок; 31–90 шт. та 4,6–10,6 г у гібриду Маршал; 21–100 шт. та 3,9–10,7 г у гібриду Агент; 21–65 шт. та 4,3–10,0 г у сорту Камелот. Позакореневе підживлення регуляторами росту сприяло зростанню цих показників на: 23–111 шт. та 1,5–6,5 г у гібриду Серпанок; 13–82 шт. та 1,1–5,6 г у гібриду Маршал; 16–101 шт. та 2,0–6,5 г у гібриду Агент; 6–70 шт. та 0,8–6,0 г у

сорту Камелот. Зі збільшенням дози мінеральних добрив ефективність регуляторів росту знижується;

– під дією мінеральних добрив маса 1000 насінин зросла по відношенню до контролю (без добрив) на: 2,0–3,9 г у гібриду Серпанок; 2,1–4,3 г у гібриду Маршал; 2,1–4,1 г у гібриду Агент; 2,2–5,8 г у сорту Камелот. Найбільший приріст цього показника від добрив відмічено у сорту Камелот. Найбільші значення маси 1000 насінин для гібридів та сорту отримано за внесення мінеральних добрив в дозі $N_{60}P_{60}K_{60}$. Під впливом регуляторів росту показники маси 1000 насінин залежно від фону живлення зросли на: 0,3–0,9 г у гібриду Серпанок; 0,2–0,9 г у гібридів Маршал та Агент; 0,2–1,1 г у сорту Камелот. Найбільший приріст цього показника від регуляторів росту, також, відмічено у сорту Камелот;

– найбільші значення кількості насінин та маси насіння з одного кошику й маси 1000 насінин для гібридів та сорту отримано за варіантів застосування регуляторів росту Фульвігрин Стимул у фазу 3–4 і 6–8 пар листків + Церон у фазу 8–10 пар листків та Фульвітал Плюс у фазу 3–4 і 6–8 пар листків + Церон у фазу 8–10 пар листків;

– приріст врожайності від мінеральних добрив дорівнював: 0,28–0,54 т/га у гібриду Серпанок; 0,22–0,48 т/га у гібриду Маршал; 0,23–0,50 т/га у гібриду Агент та 0,18–0,41 т/га у сорту Камелот. Позакореневе підживлення регуляторами росту сприяло збільшенню врожайності на: 0,07–0,28 т/га у гібриду Серпанок; 0,06–0,25 т/га у гібриду Маршал; 0,08–0,28 т/га у гібриду Агент та 0,04–0,24 т/га у сорту Камелот;

– більший рівень врожайності соняшнику гібридів Серпанок (3,66–3,69 т/га) та Маршал (3,33–3,36 т/га) забезпечило вирощування на фоні внесення мінеральних добрив в дозах $N_{40}P_{60}$, $N_{60}P_{90}$ та $N_{60}P_{60}K_{60}$ з обприскуванням посівів регуляторами росту Фульвігрин Стимул у фазу 3–4 і 6–8 пар листків + Церон у фазу 8–10 пар листків та Фульвітал Плюс у фазу 3–4 і 6–8 пар листків + Церон у фазу 8–10 пар листків, а гібриду Агент (3,56–3,59 т/га) та сорту Камелот (3,08 та 3,11 т/га) – на фоні внесення мінеральних добрив в дозах $N_{60}P_{90}$ та $N_{60}P_{60}K_{60}$ з обприскуванням посівів регуляторами росту Фульвігрин Стимул у фазу 3–4 і 6–8 пар листків + Церон у фазу 8–10 пар листків та Фульвітал Плюс у фазу 3–4 і 6–8 пар листків + Церон у фазу 8–10 пар листків.

СПИСОК ВИКОРИСТКАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Коковіхін С.В., Нестерчук В.В., Носенко Ю.М. Продуктивність та якість насіння гібридів соняшнику залежно від густоти стояння рослин та удобрення. *Таврійський науковий вісник*. 2015. № 94. С. 37-42.

2. Никитчин Д.И. Масличные культуры. Запорожье: ВПК «Запоріжжя». 1996. 256 с.
3. Краевский А.Н., Карпенко А. А., Першин А. Ф. Технология промышленного семеноводства подсолнечника и кукурузы на востоке Украины: практическое руководство. Луганск. 2003. 43 с.
4. Жилкин В.А., Пономаренко С.П., Грицаенко З.М. Регуляторы роста в растениеводстве. Рекомендации по применению. Киев. 2008. 31 с.
5. Поляков О.І., Нікітенко О.В., Вахненко С.В. Формування продуктивності гібрида соняшнику каменярь в залежності від агроприйомів вирощування. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2014. № 21. С. 97-104.
6. Поляков О.І., Нікітенко О.В., Літошко С.В. Удосконалена технологія вирощування гібридів соняшнику в умовах південного Степу України (Науково-практичні рекомендації). Запоріжжя. 2020. 12 с.
7. Кудріна В. С. Формування продуктивності соняшнику залежить від елементів технології вирощування в умовах південного Степу України. Дисертація. Миколаїв. 2021. 175 с.
8. Кохан А. В. Біодобрива у технології вирощування соняшнику. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*. 2016. № 25. С. 34–39.
9. Пінковський Г. В., Мащенко Ю. В. Вплив елементів живлення на родючість ґрунту та продуктивність соняшнику в Правобережному Степу України. *Землеробство, рослинництво, овочівництво та багаторічництво*. 2019. № 107 С. 145–149. DOI: 10.32851/2226-0099.2019.107.19
10. Домарацький Е.А. Особливості водоспоживання соняшнику за різних умов мінерального живлення. Наукові звіти НУБіП України. Київ. 2017. № 1 (71). 10 с. DOI: 10.31548/dopovid2017.01.011
11. Гамаюнова В. В., Кудріна В. С. Формування надземної маси та врожаю соняшнику під впливом окремих елементів технології вирощування. Вісник аграрної науки Чорноморського узбережжя. 2020. №1. С. 50-57. DOI: 10.31521/2313-092X/2020-1(105)-7
12. Літошко С. В. Реакція соняшнику на додаткове живлення за різних систем основного обробітку ґрунту. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2019. № 28. С. 118–129. DOI: 10.36710/ІОС-2019-28-12
13. Гарбар Л. А., Ліщук У., Довбаш Н. І., Кнап Н. В. Ефективність удобрення у формуванні продуктивності соняшнику. *Рослинництво та ґрунтознавство*. 2021. № 12(1). С. 28–38. DOI: 10.31548/agr2021.01.028

14. Сендецький В. М. Вплив регуляторів росту на врожайність соняшника за вирощування в умовах Лісостепу Західного. *Рослинництво та ґрунтознавство. Науковий вісник НУБіП України. Агрономія*. 2017. № 269. С. 53–61
15. Ганжур В. В., Єремко Л. С., Кочерга А. А. Ефективність біостимуляторів для передпосівної обробки насіння соняшнику. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2020. № 2. С. 36–42. DOI: 10.31210/visnyk2020.02.04
16. Ozturk E., Polat T., Sezek M. The effect of sowing date and nitrogen fertilizer form on growth, yield and yield components in sunflower. *Turkish Journal of Field Crops*. 2017. № 22 (1). P. 143–151. DOI:10.17557/tjfc.312373
17. Akbari P., Ghalavand A., Sanavy A. M., Alikhani M. A. The effect of biofertilizers, nitrogen fertilizer and farmyard manure on grain yield and seed quality of sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Journal of Agricultural Technology*. 2011. № 7 (1). P. 173–184.
18. Handayati W., Sihombing D. Study of NPK fertilizer effect on sunflower growth and yield. In AIP conference proceedings. 2019. № 2120. 1. AIP Publishing. DOI: 10.1063/1.5115635
19. Rama Devi Borra, Rajesh Singh, Punnam Chhetri Effect of plant growth regulators and fertilizers on growth and economics of sunflower (*Helianthus annuus* L.). *The Pharma Innovation Journal* 2021. № 10(11): 2026-2030.
20. Marconi Seabra Filho, Ademir Silva Menezes, Luis Gonzaga Pinheiro Neto, Benito Moreira de Azevedo, Thales Vinícius de Araújo Viana. Effects of split-applied nitrogen fertigation on sunflower (*Helianthus annuus*). *DELLOS Desarrollo Local Sostenible*. 2023. № 16(44): 1402-1421 DOI:10.55905/rdelosv16.n44-026
21. Рожков А. О., Пузік В. К., Каленська С. М. Дослідна справа в агрономії: навч. посібник. Теоретичні аспекти дослідної справи. 2016. 316 с.
22. Поляков А. І., Чехов А. В., Нікітчин Д. Ю. Методологія польових експериментів для вивчення агротехнічних методів вирощування соняшника. Запоріжжя. 2005. 22 с.
23. Рожков А. О., Пузік В. К., Каленська С. М. Дослідна справа в агрономії: навч. посібник. Статистична обробка результатів агрономічних досліджень. 2016. 342 с.

REFERENCES

1. Kokovikhin S.V., Nesterchuk V.V., Nosenko Yu.M. Productivity and quality of sunflower hybrid seeds depending on plant density and fertilization. *Tavriyskiy Scientific Bulletin*. 2015. No. 94. pp. 37-42.

2. Nikitchin D.I. Oilseed Crops. Zaporizhzhia: VPK "Zaporizhzhia". 1996. 256 p.
3. Kraevsky A.N., Karpenko A.A., Pershin A.F. Technology of industrial seed production of sunflower and corn in Eastern Ukraine: practical guide. Lugansk. 2003. 43 p.
4. Zhilkin V.A., Ponomarenko S.P., Gritsaenko Z.M. Growth Regulators in Crop Production. Recommendations for Use. Kyiv. 2008. 31 p.
5. Polyakov O.I., Nikitenko O.V., Vakhnenko S.V. Formation of the productivity of the sunflower hybrid Kameniar depending on the agro-technical practices of cultivation. Scientific and Technical Bulletin of the Institute of Oilseed Crops of the National Academy of Agricultural Sciences. 2014. No. 21. Pp. 97-104.
6. Polyakov O.I., Nikitenko O.V., Litoshko S.V. Improved technology for growing hybrid sunflowers in the conditions of the southern Steppe of Ukraine (Scientific and practical recommendations). Zaporizhzhia. 2020. 12 p.
7. Kudrina V. S. The formation of sunflower productivity depends on the elements of cultivation technology in the conditions of the southern Steppe of Ukraine. Dissertation. Mykolaiv. 2021. 175 p.
8. Kokan A. V. Biofertilizers in the technology of sunflower cultivation. Podilskyi Vysnyk: agriculture, technology, economy. 2016. No. 25. pp. 34–39.
9. Pynkovskyi H. V., Mashchenko Yu. V. The influence of nutrients on soil fertility and sunflower productivity in the Right Bank Steppe of Ukraine. Agriculture, crop production, vegetable growing, and melon growing. 2019. No. 107, pp. 145–149. DOI: 10.32851/2226-0099.2019.107.19
10. Domaratsky E.A. Features of water consumption by sunflower under different conditions of mineral nutrition. Scientific Reports of NUBiP of Ukraine. Kyiv. 2017. No. 1 (71). 10 p. DOI: 10.31548/dopovid2017.01.011
11. Gamayunova V. V., Kudrina V. S. Formation of aboveground mass and yield of sunflower under the influence of individual elements of cultivation technology. Bulletin of Agricultural Science of the Black Sea Coast. 2020. No. 1. pp. 50-57. DOI: 10.31521/2313-092X/2020-1(105)-7
12. Litoshko S. V. Reaction of sunflower to additional feeding under different systems of basic soil cultivation. Scientific and Technical Bulletin of the Institute of Oilseeds of NAAS. 2019. No. 28. P. 118-129. DOI: 10.36710/IOC-2019-28-12
13. Harbar L. A., Lishchuk U., Dovbash N. I., Knapp N. V. Effectiveness of fertilization in forming sunflower productivity. Plant Science and Soil Studies. 2021. No. 12(1). P. 28–38. DOI: 10.31548/agr2021.01.028

14. Sendetskyi V. M. The influence of growth regulators on the yield of sunflower grown in the conditions of the Western Forest-Steppe. Plant Science and Soil Studies. Scientific Bulletin of NUBiP of Ukraine. Agronomy. 2017. No. 269. pp. 53–61
15. Hanzhur V. V., Yeryemko L. S., Kochherha A. A. Effectiveness of biostimulants for pre-sowing treatment of sunflower seeds. Bulletin of Poltava State Agricultural Academy. 2020. No. 2. P. 36–42. DOI: 10.31210/visnyk2020.02.04
16. Ozturk E., Polat T., Sezek M. The effect of sowing date and nitrogen fertilizer form on growth, yield and yield components in sunflower. Turkish Journal of Field Crops. 2017. № 22 (1). P. 143–151. DOI:10.17557/tjfc.312373
17. Akbari P., Ghalavand A., Sanavy A. M., Alikhani M. A. The effect of biofertilizers, nitrogen fertilizer and farmyard manure on grain yield and seed quality of sunflower (*Helianthus annuus* L.). Journal of Agricultural Technology. 2011. № 7 (1). P. 173–184. http://www.ijat-aatsea.com/pdf/January_v7_n1_11/18-IJAT2010_06Revised.pdf
18. Handayati W., Sihombing D. Study of NPK fertilizer effect on sunflower growth and yield. In AIP conference proceedings. 2019. № 2120. 1. AIP Publishing. DOI: 10.1063/1.5115635
19. Rama Devi Borra, Rajesh Singh, Punnam Chhetri Effect of plant growth regulators and fertilizers on growth and economics of sunflower (*Helianthus annuus* L.). The Pharma Innovation Journal 2021. № 10(11): 2026-2030. <https://www.thepharmajournal.com/archives/2021/vol10issue11/PartAC/10-11-283-867.pdf>
20. Marconi Seabra Filho, Ademir Silva Menezes, Luis Gonzaga Pinheiro Neto, Benito Moreira de Azevedo, Thales Vinícius de Araújo Viana. Effects of split-applied nitrogen fertigation on sunflower (*Helianthus annuus*). DELOS Desarrollo Local Sostenible. 2023. № 16(44): 1402-1421 DOI:10.55905/rdelosv16.n44-026
21. Rozhkov A. O., Puzik V. K., Kalenskaya S. M. Research in Agronomy: Educational Manual. Theoretical Aspects of Research. 2016. 316 p.
22. Polyakov A. I., Chekhov A. V., Nikitchin D. Yu. Methodology of field experiments for studying agrotechnical methods of sunflower cultivation. Zaporizhzhia. 2005. 22 p.
23. Rozhkov A. O., Puzik V. K., Kalenska S. M. Research affairs in agronomy: study guide. Statistical processing of the results of agronomic research. 2016. 342 p.

A. Shcherbak, postgraduate

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

O. Nikitenko, Senior Researcher

Institute of oilseed crops of the National Academy of Agricultural Sciences of Ukraine,
Zaporizhzhia, Ukraine

Change in sunflower productivity indicators depending on mineral fertilizers and growth regulators

The results of three-year studies have established the influence of agricultural cultivation methods on the formation of productivity of sunflower hybrids and varieties.

Problem statement. To increase the yield of sunflower, it is necessary to use modern scientifically based technologies for its cultivation, which are primarily based on the introduction of high-yielding hybrids and varieties, scientifically based application of mineral fertilizers and growth regulators. It is especially important to provide plants with additional nutrition with macro- and microelements when growing high-yielding hybrids and varieties with high genetic potential.

The aim of the research was to establish the features of the formation of productivity of sunflower hybrids and varieties under the influence of mineral fertilizers and plant growth regulators in the conditions of the Southern Steppe of Ukraine.

Research methods. The experiment was conducted in 2011–2013 on the experimental field of the Institute of Oilseed Crops of Zaporizhzhia district of Zaporizhzhia region. To solve the tasks set, a two-factor field experiment was established. Factor A – application of mineral fertilizers (4 options). Factor B – hybrid, variety (4 options). Factor C – application of growth regulators (5 options). The total number of options in the experiment – 80. Repetition – three times. The experiment design and accounting, measurements, and accompanying observations were carried out according to the methods of field experiments.

Research results. When growing sunflower with the use of mineral fertilizers, the indicators of the number of seeds and the mass of seeds from one basket increased by: 62–126 pcs. and 6.1–11.4 g in the Serpanok hybrid; 31–90 pcs. and 4.6–10.6 g in the Marshal hybrid; 21–100 pcs. and 3.9–10.7 g in the Agent hybrid; 21–65 pcs. and 4.3–10.0 g in the Camelot variety. Foliar feeding with growth regulators contributed to the increase in these indicators by: 23–111 pcs. and 1.5–6.5 g in the Serpanok hybrid; 13–82 pcs. and 1.1–5.6 g in the Marshal hybrid; 16–101 pcs. and 2.0–6.5 g in the Agent hybrid; 6–70 pcs. and 0.8–6.0 g in the Kamelot variety. With an increase in the dose of mineral fertilizers, the effectiveness of growth regulators decreases.

Under the influence of mineral fertilizers, the mass of 1000 seeds increased relative to the control (without fertilizers) by: 2.0–3.9 g in the Serpanok hybrid; 2.1–4.3 g in the Marshal hybrid; 2.1–4.1 g in the Agent hybrid; 2.2–5.8 g in the Kamelot variety. The greatest increase in this indicator from fertilizers was noted in the Kamelot variety. The highest values of the mass of 1000 seeds for hybrids and the variety were obtained when mineral fertilizers were applied at a dose of $N_{60}P_{60}K_{60}$. Under the influence of growth regulators, the mass of 1000 seeds, depending on the nutritional background, increased by: 0.3–0.9 g in the Serpanok hybrid; 0.2–0.9 g in the Marshal and Agent hybrids; 0.2–1.1 g in the Kamelot variety. The greatest increase in this indicator from growth regulators was also noted in the Kamelot variety.

The greatest values of the number of seeds and the mass of seeds from one basket and the mass of 1000 seeds for hybrids and varieties were obtained with the use of growth

regulators Fulvigrin Stimul in the phase of 3–4 and 6–8 pairs of leaves + Ceron in the phase of 8–10 pairs of leaves and Fulvital Plus in the phase of 3–4 and 6–8 pairs of leaves + Ceron in the phase of 8–10 pairs of leaves.

The increase in yield from mineral fertilizers was: 0.28–0.54 t/ha in the Serpanok hybrid; 0.22–0.48 t/ha in the Marshal hybrid; 0.23–0.50 t/ha in the Agent hybrid and 0.18–0.41 t/ha in the Kamelot variety. Foliar fertilization with growth regulators contributed to an increase in yield by: 0.07–0.28 t/ha in the Serpanok hybrid; 0.06–0.25 t/ha in the Marshal hybrid; 0.08–0.28 t/ha in the Agent hybrid and 0.04–0.24 t/ha in the Camelot variety.

Conclusions. Higher yield levels of sunflower hybrids Serpanok (3.66–3.69 t/ha) and Marshal (3.33–3.36 t/ha) were achieved by growing them against the background of mineral fertilizers in doses of $N_{40}P_{60}$, $N_{60}P_{90}$ and $N_{60}P_{60}K_{60}$ with spraying of crops with growth regulators Fulvigrin Stimul in the phase of 3–4 and 6–8 pairs of leaves + Ceron in the phase of 8–10 pairs of leaves and Fulvital Plus in the phase of 3–4 and 6–8 pairs of leaves + Ceron in the phase of 8–10 pairs of leaves, and the Agent hybrid (3.56–3.59 t/ha) and the Camelot variety (3.08 and 3.11 t/ha) – against the background of mineral fertilizers in doses of $N_{60}P_{90}$ and $N_{60}P_{60}K_{60}$ with spraying of crops growth regulators Fulvigrin Stimul in the phase of 3–4 and 6–8 pairs of leaves + Ceron in the phase of 8–10 pairs of leaves and Fulvital Plus in the phase of 3–4 and 6–8 pairs of leaves + Ceron in the phase of 8–10 pairs of leaves.

Keywords: sunflower, hybrid, variety, mineral fertilizer, plant growth regulator, productivity element, yield.

ОВОЧІВНИЦТВО

УДК 635.11; 631.847.2

DOI 10.5281/zenodo.18492672

М.В. Гурін, канд. с.-г. наук

О.В. Солдатенко, канд. с.-г. наук

Є.О. Духін, канд. с.-г. наук

Інститут овочівництва і баштанництва НААН, Харків, Україна

О.В. Куц, доктор с.-г. наук, ст. наук. співробітник

О.В. Романов, канд. с.-г. наук, доцент

Державний біотехнологічний університет, Харків, Україна

ВПЛИВ БІОЛОГІЗОВАНОЇ СИСТЕМИ УДОБРЕННЯ НА ВРОЖАЙНІСТЬ І ВИХІД МАТОЧНИКІВ БУРЯКУ СТОЛОВОГО

Метою проведення дослідження було встановлення ефективності біологізованої системи оптимізації живлення маточників буряку столового за смугового розміщення овочевих рослин та бобово-злакових сумішей (система Rot –Mix) в ґрунтово-кліматичних умовах Лівобережного Лісостепу України. Польові дослідження проведено на чорноземних ґрунтах Інституту овочівництва і баштанництва Національної академії аграрних наук України з сортами буряку столового різних сортотипів (Бордо харківський, Вітал, Багрянний) та біологічними препаратами різних функціональних груп для оптимізації живлення рослин, стимуляції ростових процесів та захисту від шкочочинних організмів (Азотофіт-р, Органік-баланс, Граундфікс, Гуміфренд, HelpRost для овочевих рослин, HelpRost бор, Мікохелп, Фітохелп, Актоверм формула, Липосам). Встановлено вплив біологізованої системи удобрення на урожайність і вихід маточників буряку столового різних сортів, основні економічні показники технології вирощування. Встановлено, що біологізована система удобрення статистично суттєво збільшує урожайність маточних коренеплодів буряку столового на 5,7-7,8 т/га або 15,3-24,5 % відносно базової технології. Найбільшу урожайність за роки досліджень відзначено для сорту Вітал, найменшу – для сорту Багрянний. Біологізована система удобрення буряку столового забезпечує позитивну тенденцію щодо збільшення виходу маточних коренеплодів до рівня 52,5 % відносно базової технології (48,8 %). Впровадження біологізованої системи удобрення зумовлює зростання чистого прибутку в залежності від сорту на 28,5-39,0 тис. грн./га, зниження собівартості продукції до рівня 2,80-3,53 грн./кг, підвищення рівня рентабельності до 60,3-90,3 % відносно базової технології вирощування маточних коренеплодів буряку столового. Впровадження даних технологічних підходів забезпечить в майбутньому отримання насіння овочевих рослин для органічних технологій вирощування.

Ключові слова: буряк столовий, урожайність, маточники, біологічні препарати, удобрення, економічні показники.

Вступ. Темпи органічного виробництва сільськогосподарської продукції постійно зростають, що зумовлено рядом причин: 1) вирощування сільськогосподарської продукції, що забезпечує максимальний позитивний вплив на здоров'я людини; 2) зниження

техногенного навантаження на агробіоценози; 3) пошук альтернативних підходів використанню вартісних та дефіцитних мінеральних добрив та синтетичних засобів захисту рослин. Високі темпи розвитку органічного землеробства зумовлюють той факт, що органічні фермери все ще значною мірою залежать від сортів та гібридів, які вирощуються для традиційних систем землеробства з високим рівнем використання синтетичних мінеральних добрив та засобів захисту рослин. Але за Регламентом ЄС 1452/2003, органічне виробництво прагне не лише до органічно вирощеного насіння звичайних сортів, але також вимагає впровадження програм селекції для виведення нових адаптованих сортів. Основна причина відсутності повного задоволення потреб виробників в органічному насінні овочевих рослин полягає у відносно поки що не великому ринку, який не стимулює багатьох виробників насіння розпочинати спеціальні програми органічного розведення. Другою причиною є відсутність певних технологічних рішень щодо вирощування насіння овочевих рослин за органічного землеробства. Органічні технології вирощування мають багато відмінностей в порівнянні з традиційними, особливо за напрямом оптимізації живлення рослин та управління родючістю ґрунту (передбачається використання сидеральних та органічних добрив в комплексі з різноманітними мікробними препаратами), стосовно системи боротьби з бур'янами та впровадження біологічного захисту рослин від шкідників та хвороб тощо.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Буряк столовий відноситься до овочевих рослин, що витрачають багато елементів живлення на формування одиниці врожаю. Максимальна кількість їх поглинається рослинами буряку за інтенсивного наростання листової маси та на початку формування коренеплоду. Відзначено, що в умовах Лісостепу України до кінця липня рослини буряку столового споживають 68 % азоту, 58 % – фосфору, 50 % – калію від загального споживання [1]. У період наростання та дозрівання коренеплодів до них надходять елементи живлення з листового апарату, при цьому загальне споживання елементів живлення різко знижується [2]. За рахунок добре розвиненого листового апарату та глибокої розгалуженої кореневої системи рослини буряку столового витримують підвищену концентрацію мінеральних солей у ґрунті.

Фактично система оптимізації живлення є вирішальним фактором підвищення продуктивності овочевих рослин та їх насінників. Не зважаючи на факт підвищення рівня споживання добрив з роками, досягнення ефективності використання різних видів добрив (мінеральні, органічні, сидеральні) у виробничих умовах все ще залишається під питанням через низку причин. Так, постійне зростання витрат на добрива та обмежена кількість органічних добрив змусили виробників

овочевої продукції здебільшого покладатися на синтетичні мінеральні добрива. Наукове співтовариство усвідомлює, що залежність виключно від мінеральних добрив або органічного гною не може підтримувати продуктивність сільськогосподарських культур та родючості ґрунту [3, 4].

Вирішення даної проблеми має ряд напрямів, головним з яких є впровадження системи точного землеробства з більш раціональним внесення мінеральних та органічних добрив, а також впровадження систем оптимізації живлення на основі альтернативних способів. Основою альтернативних систем оптимізації живлення є використання разом з органічними або сидеральними добривами біопрепаратів з різними за функціональною дією мікроорганізмами.

Зростання кількості використання органічних добрив відзначається не тільки для органічних господарств. Органічні добрива (в т.ч. і сидеральні, компост, вермікомпост тощо) стають все більш популярними для традиційних виробників овочевої продукції через високу вартість мінеральних добрив та їх довгостроковий позитивний вплив на родючість ґрунту, екологію та інші природні ресурси [5]. Так, класичний гній, будучи об'ємною органічною речовиною, зменшує ущільнення ґрунту та збільшує аерацію, підвищує вміст в ґрунтовому розчині поживних речовин, що необхідні для рослин, а також забезпечує накопичення вмісту гумусу [6–8]. Більш ефективним є використання вермікомпосту або компосту з додаванням ефективних та корисних мікроорганізмів, використання яких забезпечує високі результати за вирощування буряку столового [9].

Ряд дослідників вказують на факт більшої ефективності використання компостів за вирощування буряку столового в порівнянні з внесення мінеральних добрив. Hussain S. та Kerketta A. [10] зазначили, що органічні добрива, такі як компост та козячий гній, підвищують родючість ґрунту, збільшують доступність поживних речовин та стимулюють мікробну активність, що в подальшому забезпечує високу продуктивність рослин буряку столового. За даними Mbithi M.A. et al. [11] спостерігалось збільшення польової схожості насіння, коли вермікомпост використовувався для широкого спектру тестових рослин, включаючи горох, салат, пшеницю, капусту, помідори та редис. Addo E. [12] виявив, що вермікомпост зумовлює підвищення сходів рослин буряку столового в порівнянні з контрольними комерційними середовищами для росту рослин.

Shafeek M.R. et al. [13] зазначили, що підвищення рівня органічних добрив призводить до покращення характеристик росту рослин буряку столового, що потенційно може призвести до збільшення кількості поживних елементів, доступних у зоні кореневої системи рослин буряка. Ця підвищена доступність поживних речовин, зокрема азоту,

фосфору, калію, цинку, заліза та марганцю, помітна навіть на ранніх стадіях росту культури [14].

Використання біопрепаратів для оптимізації живлення та стимуляції ростових процесів рослин є одним з ключових напрямів біологізації технологій вирощування овочевих культур. Відзначено, що селективно відібрані мікроорганізми є специфічними до певного виду рослин, і за умов передпосівної бактеризації насіння чи обробки ґрунту в подальшому самою рослиною створюються умови активного розвитку інтродукованого штаму. За таких умов з незначними фінансовими витратами можливо цілеспрямовано зорієнтувати перебіг окремих ґрунтових процесів, які істотно впливають на розвитку рослин та формування родючості ґрунту. Корисна мікрофлора забезпечує формування оптимальних умов для живлення рослин та в основному виступає трофічним посередником між ґрунтом і рослиною. Повноцінні мікробні угруповання забезпечують активну міграцію елементів живлення до корневих систем, так як тільки мікроорганізми (через ланцюжки бактеріальних клітин, гіфи і міцелій мікроскопічних грибів) зумовлюють контакт коренів з віддаленими ґрунтовими агрегатами, на яких адсорбовано поживні речовини. Також внаслідок інтенсивної ферментативної діяльності та синтезу вторинних метаболітів мікроорганізми мобілізують для рослин важкорозчинні форми біогенних елементів. Отже рослина, в ризосфері якої функціонує повноцінний комплекс мікроорганізмів, здатна оптимізувати процеси живлення і, як результат, реалізувати свій потенціал урожайності [15].

Сучасні мікробні препарати характеризуються широкою поліфункціональною дією, що включає забезпечення біологічної азотфіксації, фосфатмобілізації, рістстимуляції в ризосфері рослин, прискорення розкладання рослинних решток та захисту рослин від патогенів і фітофагів. Крім того, як зазначають Yadav S.P.S. et al. [16], роль ґрунтової біоти у покращенні якості ґрунту, зміцненні життєздатності рослин та зміцненні стійкості ґрунту є надзвичайно важливою. Також існування корисних мікроорганізмів має вирішальне значення для підтримки родючості ґрунту, підвищення стійкості рослин та сприяння загальному добробуту сільськогосподарських культур [17]. Цей підхід узгоджується з ширшою метою сталого сільськогосподарського виробництва та сприяє екологічно безпечній переробці поживних речовин.

Не зважаючи на той факт, що розробка елементів біологізації технологій вирощування більшості овочевих рослин доволі поширена в європейських країнах, а також частково в Україні, досліджень щодо розробки біологізованої технології вирощування насіння овочевих рослин не проводяться. Часто за вирощування органічного насіння використовують рекомендації, які розроблені для технології

виращування органічної овочевої продукції, в яких не враховуються особливості насінневих рослин.

Отже, метою наших досліджень є встановлення ефективності біологізованої системи оптимізації живлення маточників буряку столового для умов Лівобережного Лісостепу України.

Матеріал та методика досліджень. Дослідження проводились впродовж 2021–2024 років в Інституті овочівництва і баштанництва НААН (Харківська обл.). Ґрунт дослідної ділянки представлено чорноземом типовим малогумусним важкосуглинковим 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 сольове 5,6–6,5).

Дослід закладено в системі виращування рослин за принципом Root-Mix (смугового розміщення овочевих рослин та бобово-злакових сумішей, що щорічно чергуються). Ширина смуг – 8,4 м; склад бобово-злакової суміші включає тритикале яре (70%) та віку яру (30%) з загальною нормою висіву 200 кг/га. Бобово-злакова суміш висівалась рано на весні в I декаді квітня. Заорювання біомаси проводилось у період бутонізації віки (кінець червня). Після заорювання органічної маси на початку липня також висівали повторно віку яру, яка заорювалась восени (I декада жовтня) з використанням ґрунтообробної роторної машини [18]. Також в межах даної системи в смугах з овочевими рослинами проходить чергування різних видів культур (багато збірні – огірок, коренеплідні – буряк столовий).

Технологія виращування маточників буряку столового в досліді загальноприйнята для зони Лісостепу України з застосуванням краплинного зрошення.

Схема польового двофакторного експерименту мала чотириразову повторність з площею посівної ділянки 12,6 м² і передбачала варіанти за фактором А (контроль (без добрив) та біологізована система удобрення); за фактором В (сорт буряку столового різних сортотипів: 1. Бордо харківський; 2. Вітал; 3. Багрянний). Біологізована система удобрення включала обробку ґрунту, насіння, рослин біопрепаратами та їх внесення з поливною водою (фертигація), що представлено в таблиці 1.

1. Схема внесення біопрепаратів для оптимізації живлення рослин буряку столового

Фаза внесення (ВВСН)	Спосіб внесення	Препарат та його норма
До посіву	Обприскування ґрунту з загортанням	Граундфікс (5 л/га)
Посів (ВВСН 0)	Обробка насіння	Азотохелп (5 мл/кг) + HelpRost укорінювач (10 мл/кг)
Фаза 2-4 справжніх листка (ВВСН 14-14)	Фертигація	Органік баланс (2 л/га) + Гуміфренд (2 л/га)
	Обприскування	Азотохелп (0,3 л/га) + Органік баланс (0,5 л/га) + Липосам (0,7 л/га)
Фаза змикання рядків (ВВСН 37)	Обприскування	Органік баланс (1 л/га) + HelpRost для овочевих (2 л/га) + Липосам (1 л/га)
Початок формування коренеплоду (ВВСН 40)	Фертигація	Органік баланс (2 л/га)
	Обприскування	Органік баланс (1 л/га) + HelpRost бор (2 л/га) + Липосам (1 л/га)
Наростання коренеплоду (ВВСН 47)	Обприскування	Органік баланс (1 л/га) + HelpRost бор (2 л/га) + Липосам (1 л/га)

У досліді на всіх варіантах було використано біологічну систему захисту рослин, що включала внесення проти комплексу хвороб у фертигацію починаючи з першої кожні 25 днів біопрепарату Мікохелп (3 л/га) та обприскування рослин за умов розвитку хвороби (після дощів) біопрепаратом Фітохелп (2 л/га) в комплексі з прилипачем Липосам (1 л/га); проти шкідників застосовували біопрепарат Актоверм формула (4–6 л/га) з прилипачем Липосам (1 л/га) два рази проти кожного покоління.

У дослідженнях використовували наступні мікробні препарати та біологічні добрива:

- Граундфікс – ґрунтове біодобриво, що містить клітини бактерій *Bacillus subtilis*, *Bacillus megaterium* var. *phosphaticum*, *Azotobacter chroococcum*, *Enterobacter*, *Paenibacillus polymyxa*. Загальне число життєздатних клітин $(0,5 - 1,5) \times 10^9$ КУО/см³. Біодобриво забезпечує підвищення рухомості фосфору та доступності калію з ґрунту та мінеральних добрив, пролонгує доступність поживних елементів; покращує біологічну активність ґрунту та пригнічує розвиток фітопатогенів.

- Азотохелп – мікробний препарат (біоактиватор), що містить клітини природної азотфіксуючої бактерії *Azotobacter chroococcum*, яка здатна фіксувати азот із повітря і постачати його рослинам; макро- та

мікроелементи; біологічно активні продукти життєдіяльності бактерій: амінокислоти, вітаміни, фітогормони, виділяти фунгіцидні речовини. Загальне число життєздатних мікроорганізмів продуцента – не менше ніж 1×10^9 КУО/ см³. Препарат для обробки насіння та розсади рослин.

- *Органік-баланс* – біопрепарат для стимуляції росту та розвитку сільськогосподарських культур, стійкості до стресів, хвороб, шкідників та збалансованого живлення. Містить живі бактерії: азотфіксуючі – забезпечують рослини біологічним азотом; фосфор- та каліймобілізуючі, що перетворюють важкорозчинні сполуки на доступні для рослин форми; бактерії з фунгіцидними властивостями, що захищають рослини від бактеріальних та грибових хвороб; інактивовані клітини та їх фрагменти, які сприяють формуванню імунної системи рослин, захисної реакції на вплив патогенів; біологічно активні продукти життєдіяльності бактерій: фітогормони, вітаміни, антибіотики, фунгіциди, ферменти, амінокислоти, а також компоненти живильного середовища (макро- і мікроелементи, органічні джерела живлення).

- *Гуміфренд* – комплексне добриво на основі гумату калію з корисними мікроорганізмами (*Bacillus subtilis*, *Bacillus megaterium* var. *phosphaticum*, *Bacillus muciloginosus*, *Bacillus macerans*, *Paenibacillus polymyxa*). Посилює надходження елементів живлення до рослини, прискорює процеси росту та розвитку, підвищує стійкість до стресових умов та патогенної мікрофлори.

- *HelpRost* для овочевих рослин – комплексне добриво, в якому елементи живлення хелатовані мікроорганізмами (SO_3 – 0,45 г/л; P_2O_5 – 6,7; K_2O – 4,7; MgO – 0,78; Fe – 0,5, Mn – 0,5, Zn – 0,73, Mo – 0,1, B – 0,36, Cu – 0,2 г/л), наявні амінокислоти (16 г/л), полісахариди (1,5 г/л), вітаміни (0,05 г/л), забезпечує зростання швидкості засвоєння елементів живлення, пролонгована дія, стимулюючий ефект за рахунок наявних фітогормонів, сумісність з більшістю ЗЗР, ефективне подолання різних абіотичних стресів.

- *HelpRost бор* – комплексне добриво, що містить 111 г/л бору.

- *HelpRost укорінювач* – комплексне органо-мінеральне добриво, що складається з полісахаридів, амінокислот і вітамінів групи В, а також мікроелементів і макроелементів. Добриво містить K_2O – 3,0 г/л; Zn – 0,84; Cu – 0,17; B – 0,48; Mn – 0,64 г/л.

Виробник біопрепаратів та біодобрив – ТОВ «БТУ-Центр» (Україна, м. Ладижин, Вінницька обл.).

Дослідження проведено згідно методики дослідної справи в овочівництві [19]. В досліді проведено облік урожайності маточних коренеплодів (методом поділянькового зважування за настанням технічної стиглості) та розраховано відсоток їх виходу. Економічний аналіз проведено за розрахунку чистого доходу, собівартості продукції

й рівня рентабельності. Статистичну обробку результатів дослідження реалізовано методом дисперсійного аналізу. Експериментальні дослідження культурних рослин, включаючи збір рослинного матеріалу, відповідали інституційним, національним або міжнародним керівним принципам. Автори дотримувалися стандартів Convention on Biological Diversity [20].

Результати досліджень та їх обговорення. У середньому врожайність маточників буряку столового різних сортотипів в умовах 2021 року склала 35,0 т/га (табл. 2).

2. Вплив біологізованої системи удобрення на врожайність маточних коренеплодів буряку столового різних сортотипів, т/га (2021-2024 рр.)

Система удобрєння (фактор А)	Сорти (фактор В)			Середнє по фактору А
	Багрянний	Вітал	Бордо харківський	
2021 р.				
Біологізована	31,4	41,8	34,0	35,7
Базова (контроль)	29,2	36,9	36,6	34,2
Середнє по фактору В	30,3	39,3	35,3	35,0
НІР ₀₅ =2,6; НІР ₀₅ А =5,3; НІР ₀₅ В =4,6				
2022 р.				
Біологізована	43,1	61,3	55,1	53,2
Базова (контроль)	38,1	59,2	49,2	48,8
Середнє по фактору В	40,6	60,2	52,1	51,0
НІР ₀₅ =1,6; НІР ₀₅ А =3,1; НІР ₀₅ В =9,6				
2023 р.				
Біологізована	53,6	63,0	55,0	57,2
Базова (контроль)	40,0	50,5	43,5	44,7
Середнє по фактору В	46,8	56,7	49,3	50,9
НІР ₀₅ =10,2; НІР ₀₅ А =11,8; НІР ₀₅ В =5,9				
2024 р.				
Біологізована	30,8	32,3	27,8	30,3
Базова (контроль)	20,1	24,2	19,7	21,3
Середнє по фактору В	25,5	28,3	23,8	25,8
НІР ₀₅ =2,6; НІР ₀₅ А =7,9; НІР ₀₅ В =4,1				

Аналізуючи дані впливу системи удобрення, можна зробити

висновок, що в умовах 2021 року біологізована система удобрення суттєво не вплинула на урожайність маточних коренеплодів. Різні сортотипи буряків столових по різному відкликалися на органічні технології, так найбільший урожай 41,8 т/га отримали від сорту Вітал, сорт буряку Бордо харківський сформував середню урожайність по досліді 35,3 т/га. Найменша урожайність 31,4 т/га була у буряка сорту Багрянний.

За умов 2022 року в середньому урожайність маточників буряку столового різних сортотипів склала 51,0 т/га. Відзначено, що на другий рік вирощування в органічному стаціонарі біологізована система удобрення суттєво збільшила урожайність маточних коренеплодів на 4,39 т/га. Найбільший рівень урожайності маточників (60,2 т/га) отримано за вирощування сорту Вітал, найменша урожайність (40,6 т/га) було отримано за вирощування сорту Багрянний.

Дані урожайності коренеплодів буряку столового у 2023 р. показали суттєву різницю як між сортами, так і між різними системами удобрення. В середньому за сортами біологізована система удобрення суттєво забезпечувала підвищення урожайності маточних коренеплодів на 12,5 т/га. Різні сортотипи буряку столового проявили себе відповідно попереднім рокам: так в середньому по досліді найбільший урожай (56,7 т/га) отримано за вирощування сорту Вітал, найменша (46,8 т/га) – сорту Багрянний. За біологізованої системи удобрення сорти Бордо харківський і Багрянний між собою відрізнялись не істотно.

У зв'язку з певними несприятливими погодними умовами 2024 року (високі середньодобові температури в період інтенсивного наростання вегетативної маси рослин буряку столового) середньому урожайність маточників буряку столового різних сортотипів становила 25,8 т/га, що майже на 50 % менше за попередній рік. Біологізована система удобрення забезпечувала статистично суттєве підвищення урожайності маточних коренеплодів на 9,0 т/га. Не зважаючи на несприятливі погодні умови прирости урожайності маточників від впровадження біологізованої системи удобрення були максимальними та коливалися в межах від 33,5 % за вирощування сорту Вітал до рівня 53,2 % за вирощування сорту Багрянний.

У середньому за роки досліджень впровадження біологізованої системи удобрення забезпечувало підвищення урожайності маточників буряку столового на 5,7–7,8 т/га або 15,3–24,4 % відносно контролю (базова технологія) в залежності від сорту (рис. 1).

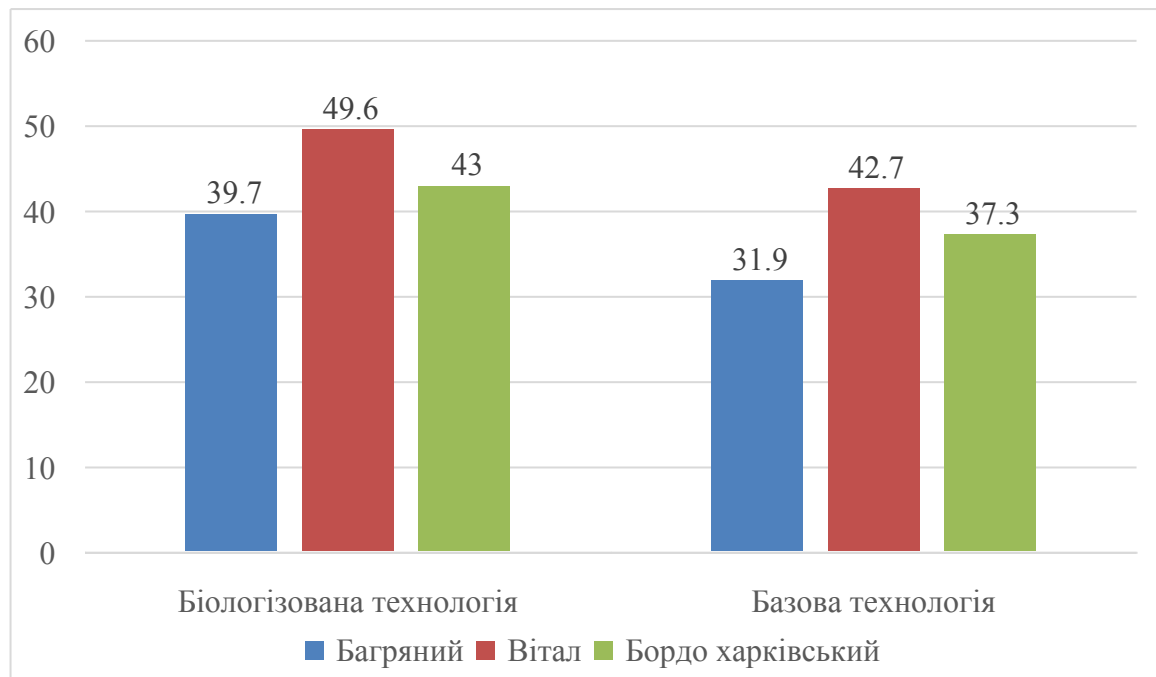


Рис. 1. Вплив біологізованої системи удобрення на врожайність маточних коренеплодів буряку столового різних сортотипів, т/га (середнє за 2021–2024 рр.)

Незважаючи на той факт, що максимальний рівень урожайності маточників відзначено за вирощування сорту Вітал (49,6 т/га), найбільший приріст від впровадження біологізованої системи удобрення відзначено для сорту Багряний (7,8 т/га або 24,4 %).

Визначення виходу маточних коренеплодів під впливом біологізованої системи удобрення показало (рис. 2), що у середньому по досліді маточних коренеплодів формується на рівні 50,6 %. Впровадження біологізованої системи удобрення зумовлює позитивну тенденцію щодо зростання даного показнику до рівня 52,5 % у порівнянні з контролем (48,8 %). Найбільший вихід маточних коренеплодів відмічено для сортів Багряний та Вітал (50,4–53,4 %), тоді як для сорту Бордо харківське даний показник становить 48,1 %.

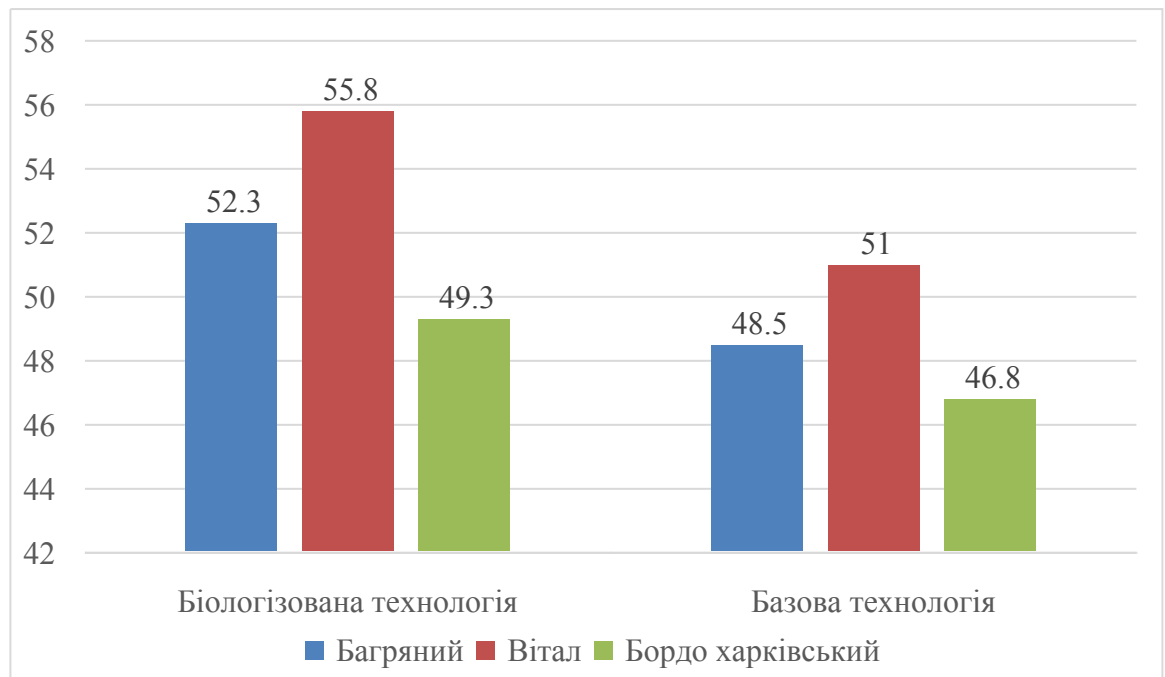


Рис. 2. Вплив біологізованої системи удобрення на вихід маточних коренеплодів буряку столового, % (середнє за 2021–2024 рр.)

Незважаючи на додаткові витрати за впровадження біологізованої системи удобрення (витрати на придбання та несення біопрепаратів різних функціональних груп, витрати на збирання додаткового врожаю) дана система оптимізації живлення в технології вирощування маточників буряку столового є економічно доцільною (табл. 3).

У залежності від сорту приріст чистого прибутку від впровадження біологізованої системи удобрення коливався в межах 28,5–39,0 тис. грн/га. Максимальний приріст чистого прибутку відмічено для сорту Багряний, хоча максимальне значення показнику відзначено для сорту Вітал (213,5 тис. грн/га).

За рахунок високих приростів врожайності маточників буряку столового за використання комплексу біопрепаратів зменшується собівартість продукції, що коливалася в межах 2,80–3,53 грн/кг та зростає рівень рентабельності до рівня 60,3–90,3 % в залежності від сорту.

3. Економічна ефективність біологізованої системи удобрення маточників буряку столового (середнє за 2021–2024 рр.)

Сорти	Економічні показники				
	Урожайність маточників, т/га	Витрати, тис. грн/га	Прибуток, тис. грн/га	Повна собівартість маточників, грн/кг	Рентабель- ність виробництва, %
Базова технологія вирощування					
Багрянний	31,9	112,36	159,5	3,52	42,0
Вітал	42,7	119,40	213,5	2,80	78,8
Бордо харківський	37,3	115,89	186,5	3,11	60,9
Біологізована технологія вирощування					
Багрянний	39,7	123,86	198,5	3,12	60,3
Вітал	49,6	130,32	248,0	2,63	90,3
Бордо харківський	43,0	126,02	215,0	2,93	70,6

Отже, біологізація технологічних процесів має багато переваг стосовно використання традиційних систем вирощування сільськогосподарських рослин, в особливості овочевих. Зі зростанням кількості біопрепаратів різної функціональної дії стає можливим регулювати чисельні фізіологічні процеси рослин та напрями процесів, що проходять в ґрунті (посилення асоціативної азотфіксації, фосфор- та каліймобілізації, деструкція рослинних залишків, зниження активності фітопатогенної мікрофлори ґрунту).

У наших дослідженнях впровадження біологізованої системи удобрення забезпечувало істотне збільшення урожайності маточників буряку столового 3 роки з чотирьох років дослідження. Подібні результати отримано в роботах Kadam V.D. et al. [21], в яких поєднання органічних добрив та мікробних препаратів сприяло істотному збільшенню урожайності товарних коренеплодів буряку. Хоча в інших дослідженнях використання гною великої рогатої худоби посилює мікробну активність у кореневій зоні рослини буряку, сприяючи перетворенню поживних речовин, а, отже, ефективність мікробних препаратів, дія яких пов'язана з трансформацією поживних речовин, істотно знижується [22].

Ряд дослідників пов'язують факт підвищення урожайності з

позитивним впливом органічних і сидеральних добрив та мікробних препаратів з підвищення ефективності фотосинтезу та зростання в листовій масі вмісту хлорофілу [23, 24].

Інші дослідники вказують на факт позитивного впливу використання органічних добрив та мікробних препаратів щодо посиленого забезпечення рослин сполуками азоту. За таких умов відзначається активація основних фізіологічних процесів в рослинах, в першу чергу, пов'язаних з ростовими процесами, та зазначається зростання урожайності буряку столового [25–27]. В деяких дослідженнях біологізована система удобрення з внесенням органічних добрив не впливало на рівень урожайності, але істотно покращувало якісний склад коренеплодів [28].

Варіює ефективність і для різних мікробних препаратів. В наших дослідженнях ми визначали ефективність в цілому біологізованої системи вирощування, де було використано різні види мікроорганізмів: як бактерії *Azotobacter chroococcum*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus megaterium* var. *phosphaticum*, *Bacillus muciloginosus*, *Bacillus macerans*, *Azotobacter chroococcum*, *Paenibacillus polymyxa*, *Pseudomonas fluorescens*, *Enterobacter* sp., так і гриби *Trichoderma harzianum*, *Trichoderma lignorum*, *Trichoderma viride*. В той час в дослідженнях Borges C.S. et al. [29] з рослинами буряку активно взаємодіяли такі мікроорганізми, як *Rhizobium leguminosarum*, *Bradyrhizobium* sp., *Mesorhizobium erdmanii*, *Mesorhizobium jarvisii*. Інокуляція насіння даними мікроорганізмами забезпечувало стимулювання росту та поглинання поживних речовин рослинами.

Отже, впровадження біологізованої системи вирощування насіння овочевих рослин виявилось перспективним заходом як для оптимізації захисту рослин, покращення показників росту, збільшення врожайності, а також зниження хімічного навантаження на агроценози і в перспективі підвищення рівня родючості ґрунтів. Перспективою подальших досліджень є вивчення механізмів дії сидеральних добрив та біопрепаратів на динаміку змін параметрів родючості ґрунту, ступінь активації природних ентомофагів, що в подальшому забезпечить зниження кількості використання різноманітних фітофармакологічних засобів.

Висновки. Отже, біологізована система удобрення статистично суттєво збільшує урожайність маточних коренеплодів буряку столового на 5,7–7,8 т/га або 15,3–24,5 % відносно базової технології. Найбільшу урожайність за роки досліджень відзначено для сорту Вітал, найменшу – для сорту Багрянний.

Біологізована система удобрення буряку столового забезпечує позитивну тенденцію щодо збільшення виходу маточних коренеплодів до рівня 52,5 % відносно базової технології (48,8 %).

Упровадження біологізованої системи удобрення зумовлює зростання чистого прибутку в залежності від сорту на 28,5–39,0 тис. грн/га, зниження собівартості продукції до рівня 2,80–3,53 грн/кг, підвищення рівня рентабельності до 60,3–90,3 % відносно базової технології вирощування маточних коренеплодів буряку столового.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Гончаренко В.Ю., Парамонова Т.В., Могильна О.М., Михайлин В.І., Мозговський О.Ф. Удобрення овочевих і баштанних культур. Київ: Agrarian Science, 2019. 152 с.
2. Arulmani R., Sellamuthu K.M., Maragatham S., Senthil A., Thamaraiselvi S.P., Malathi P., Sridevi G. Development and validation of soil test crop response model for beetroot (*Beta vulgaris*) grown in ultisols of India. *Front. Plant Sci.* 2025. 15. 1481882. DOI: 10.3389/fpls.2024.1481882
3. Singh V. P., Gautam P., Nanda G., Dhaliwal S. S., Pramanick B., Meena S. S. et al. Soil test based fertilizer application improves productivity, profitability and nutrient use efficiency of rice (*Oryza sativa* L.) under direct seeded condition. *Agronomy*. 2021. 11. P. 1756–1769. DOI: 10.3390/agronomy11091756
4. Abishek R., Santhi R., Maragatham S., Gopalakrishnan M., Venkatachalam S., Uma D., et al. Soil test crop response based integrated plant nutrition system for hybrid castor on an Alfisol. *Agric. Sci. Dig.* 2022. 44. P. 1–6. DOI: 10.18805/ag.D-5635
5. Kumar S., Baksh H., Singh R., Prajapati N.K., Kumar A. Effect of integrated nutrient management on growth and yield of beetroot (*Beta vulgaris* L.) cv. ruby queen. *Int. J. Plant Soil Sci.* 2023. 35 (19). P. 816–824. DOI: 10.9734/ijpss/2023/v35i193615
6. Tovihoudji G.P., Djogbenou C.P., Akponikpe P.B.I., Kpadonou E., Agbanga C.E., Dagbenonbakin D.G. Response of jute mallow (*Corchorus olitorius* L.) to organic manure and inorganic fertilizer on a ferruginous soil in North Eastern Benin. *J. Appl. Biosci.* 2015. 92. P. 8610–8861. DOI: 10.4314/jab.v92i1.5
7. Nagar G., Abraham T., Kumar D. Effect of different solid and liquid forms of organic manure on growth and yield of soybean [*Glycine max* (L.) Merrill]. *Adv. Res. J Crop Improv.* 2016. 7(1). P. 56-59. DOI: 10.15740/HAS/ARJCI/7.1/56-59.
8. Singh D.P., Kumar S., Sutanu M., Vijay P.K. Studies on integrated nutrient management on growth, yield and quality of carrot (*Daucus carota* L.). *Int. J. Agric. Sci.* 2017. 51. P. 2187–2188.
9. Asari P.S., Panchal B.H., Macwan S.J., Barot T.S. Effect of organic nutrients on growth, yield and quality of beetroot (*Beta vulgaris* L.) var. Crimson Globe. *International Journal of Advanced Biochemistry Research.* 2024. 8(8). P. 976-981. DOI: 10.33545/26174693.2024.v8.i8m.1909

10. Hussain S., Kerketta A. Effect of Organic Manure and Inorganic Fertilizer on Growth and Root Yield of Beetroot (*Beta vulgaris* L.). *International Journal of Environment and Climate Change*. 2023. 13(8). P. 1866-1870. DOI: 10.9734/ijecc/2023/v13i82141
11. Mbithi M.A., Mwanarusi S., Mwangi M. Effect of different rates of vermicompost on growth and yield of beetroot (*Beta vulgaris* L.). *Egerton J. Sci. & Technol.* 2015. 15. P. 30-43.
12. Addo E. Growth, yield and quality response of beetroot to organic mulches in tropical conditions: submitted in partial fulfilment of the requirement for the degree of Master of Science (Horticultural Science) at Massey University, Manawatu, New Zealand. 2021. (Doctoral dissertation, Massey University). <https://mro.massey.ac.nz/handle/10179/16919>
13. Shafeek M.R., Ali A.H., Mahmoud A.R., Helmy Y.I., Omar N.M. Enhancing the productivity and quality of beetroot (*Beta vulgaris*) by using organic manure and potassium foliar application. *Sciences*. 2019. 9(2). P. 341-348.
14. Mandal H. R., Shah S. K., Oli B., Katel S., Yadav S.P.S., Pant K.R. et al. Assessment of Soil Fertility Status in Rupani Rural Municipality, Saptari, Nepal. *AgroEnvironmental Sustainability*. 2023. 1(2). P. 111-121. DOI: 10.59983/s2023010204
15. Мікробні препарати в сучасних аграрних технологіях; ред. В. В. Волкогон. Київ, 2015. 248 с.
16. Yadav S.P.S., Bhandari S., Bhatta D., Poudel A., Bhattarai S., Yadav P. et al. Biochar application: A sustainable approach to improve soil health. *Journal of Agriculture and Food Research*. 2023. 100498. DOI: 10.1016/j.jafr.2023.100498
17. Yadav S.P.S., Adhikari R., Bhatta D., Poudel A., Subedi S., Shrestha S., Shrestha J. Initiatives for biodiversity conservation and utilization in crop protection: A strategy for sustainable crop production. *Biodiversity and Conservation*. 2023. 32(14). P. 4573-4595. DOI: 10.1007/s10531-023-02718-4
18. Pashchenko V. F., Syromyatnikov Yu. N. The transporting ability of the rotor of the soil-cultivating loosening and separating vehicle. *Tractors and Agricultural Machinery*. 2019. 86(2). P. 67-74. <https://doi.org/10.31992/0321-4443-2019-2-67-74>
19. Бондаренко Г.Л., Яковенко К.І. Методика дослідної справи в овочівництві і баштанництві. Харків: Основа, 2011. 369 с.
20. Convention on Biological Diversity. (1992, June). Retrieved from https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_030#Text
21. Kadam V.D., Shinde S.J., Satav D.C. Effect of different spacing and fertilizer levels on yield and economics of beetroot (*Beta vulgaris* l.). *J. Pharmacogn Phytochem*. 2018. 7 (6). P. 31–35.
22. Dhakal D.D., Paneru R.B., Subedi S. (2009). Effect of organic manure on growth, yield, and quality of spinach beet (*Beta vulgaris* l.). *J.*

Agric. Food Environ. 2009. 10. P. 33-42.

23. Mounika V., Lakshminarayana D., Srinivas J., Sathish G., Gouthami P. Influence of Integrated Nutrient Management in Beet Root (*Beta vulgaris* L.) Cv. Crimson Globe for Growth and Yield under Alkaline conditions. *Biol. Forum Int. J.* 2022. 14. P. 464-469. DOI: 10.20546/ijcmas.2020.910.308.

24. Laharia G., Kadam Y., Age A.A., Jadhao S., Mali D., Rakhonde O. Interactive effect of biochar, fym and nitrogen on soil properties and yield of blackgram grown in vertisol. *J. Pharmacogn. Phytochem.* 2020. 9. P. 249–253. DOI: 10.9734/irjpac/2020/v21i2230292

25. Zannat N.E.A., Sultana A.K.M., Amin R., Ruhul P., Bithy C. P., Alam I. Influence of organic and inorganic fertilizers on the yield of blackgram. *Int. J. Biosci.* 2020. 16. P. 79–89. DOI: 10.12692/ijb/16.4.79-89

26. Anasuyamma B., Singh S., Asirinaidu B., Abhigna K. Effect of organic manures and Inorganic fertilisers on the growth and yield of Blackgram (*Vigna mungo* L.). *J. Pharm. Innov.* 2022. 11. P. 1214–1218.

27. Arulmani R., Sellamuthu, K.M., Maragatham S., Senthil A., Thamaraiselvi S.P., Anandham R., Malathi P., Sridevi G. Yield and quality of beetroot to soil test crop response (STCR) - integrated plant nutrient system (IPNS) based fertilizer prescription in Ultisols of Western Ghats of Tamil Nadu, India. *Plant Sci. Today.* 2024. 11(4). DOI: 10.14719/pst.4623

28. Borges C. S., Saccol de Sá E. L., Muniz A. W., Osorio Filho B. D. Potential use of rhizobium for vegetable crops growth promotion. *African Journal of Agricultural Research.* 2019. 14(8. P. 477-483. DOI: 10.5897/AJAR2017.12885

REFERENCES

1. Honcharenko, V. Yu., Paramonova, T. V., Mohylna, O. M., Mykhailyn, V. I., & Mozhovskyi, O. F. (2019). Fertilization system for vegetable and melon crops (V. Yu. Honcharenko, Ed.). Kyiv: Agrarian Science. 152 p.

2. Arulmani, R., Sellamuthu, K.M., Maragatham, S., Senthil, A., Thamaraiselvi, S.P., Malathi, P., Sridevi G. (2025). Development and validation of soil test crop response model for beetroot (*Beta vulgaris*) grown in ultisols of India. *Front. Plant Sci.*, 15, 1481882. DOI: 10.3389/fpls.2024.1481882

3. Singh, V. P., Gautam, P., Nanda, G., Dhaliwal, S. S., Pramanick, B., Meena, S. S. et al. (2021). Soil test based fertilizer application improves productivity, profitability and nutrient use efficiency of rice (*Oryza sativa* L.) under direct seeded condition. *Agronomy*, 11, 1756–1769. DOI: 10.3390/agronomy11091756

4. Abishek, R., Santhi, R., Maragatham, S., Gopalakrishnan, M., Venkatachalam, S., Uma, D., et al. (2022). Soil test crop response based

integrated plant nutrition system for hybrid castor on an Alfisol. *Agric. Sci. Dig.*, 44, 1–6. DOI: 10.18805/ag.D-5635

5. Kumar, S., Baksh, H., Singh, R., Prajapati, N.K., Kumar, A. (2023). Effect of integrated nutrient management on growth and yield of beetroot (*Beta vulgaris* L.) cv. ruby queen. *Int. J. Plant Soil Sci.*, 35 (19), 816–824. DOI: 10.9734/ijpss/2023/v35i193615

6. Tovihoudji, G.P., Djogbenou, C.P., Akponikpe, P.B.I., Kpadonou, E., Agbanga, C.E., Dagbenonbakin, D.G. (2015). Response of jute mallow (*Corchorus olitorius* L.) to organic manure and inorganic fertilizer on a ferruginous soil in North Eastern Benin. *J. Appl. Biosci.*, 92, 8610–8861. DOI: 10.4314/jab.v92i1.5

7. Nagar, G., Abraham, T., Kumar, D. (2016). Effect of different solid and liquid forms of organic manure on growth and yield of soybean [*Glycine max* (L.) Merrill]. *Adv. Res. J Crop Improv.*, 7(1), 56-59. DOI: 10.15740/HAS/ARJCI/7.1/56-59.

8. Singh, D.P., Kumar, S., Sutanu, M., Vijay, P.K. (2017). Studies on integrated nutrient management on growth, yield and quality of carrot (*Daucus carota* L.). *Int. J. Agric. Sci.*, 51, 2187–2188.

9. Asari, P.S., Panchal, B.H., Macwan, S.J., Barot, T.S. (2024). Effect of organic nutrients on growth, yield and quality of beetroot (*Beta vulgaris* L.) var. Crimson Globe. *International Journal of Advanced Biochemistry Research.*, 8(8), 976-981. DOI: 10.33545/26174693.2024.v8.i8m.1909

10. Hussain, S., Kerketta, A. (2023). Effect of Organic Manure and Inorganic Fertilizer on Growth and Root Yield of Beetroot (*Beta vulgaris* L.). *International Journal of Environment and Climate Change*, 13(8), 1866-1870. DOI: 10.9734/ijecc/2023/v13i82141

11. Mbithi, M.A., Mwanarusi, S., Mwangi, M. (2015). Effect of different rates of vermicompost on growth and yield of beetroot (*Beta vulgaris* L.). *Egerton J. Sci. & Technol.*, 15, 30-43.

12. Addo, E. Growth, yield and quality response of beetroot to organic mulches in tropical conditions: submitted in partial fulfilment of the requirement for the degree of Master of Science (Horticultural Science) at Massey University, Manawatu, New Zealand. 2021. (Doctoral dissertation, Massey University). <https://mro.massey.ac.nz/handle/10179/16919>

13. Shafeek, M.R., Ali A.H., Mahmoud A.R., Helmy Y.I., Omar N.M. (2019). Enhancing the productivity and quality of beetroot (*Beta vulgaris*) by using organic manure and potassium foliar application. *Sciences*, 9(2), 341-348.

14. Mandal, H. R., Shah, S. K., Oli, B., Katel, S., Yadav, S.P.S., Pant, K.R. et al. (2023). Assessment of Soil Fertility Status in Rupani Rural Municipality, Saptari, Nepal. *AgroEnvironmental Sustainability*, 1(2), 111-121. DOI: 10.59983/s2023010204

15. Microbial preparations in modern agricultural technologies / edited by V.V. Volkogon. Kyiv, 2015. 248 p.
16. Yadav, S.P.S., Bhandari, S., Bhatta, D., Poudel, A., Bhattarai, S., Yadav, P. et al. (2023a). Biochar application: A sustainable approach to improve soil health. *Journal of Agriculture and Food Research*, 100498. DOI: 10.1016/j.jafr.2023.100498
17. Yadav, S.P.S., Adhikari, R., Bhatta, D., Poudel, A., Subedi, S., Shrestha, S., Shrestha, J. (2023b). Initiatives for biodiversity conservation and utilization in crop protection: A strategy for sustainable crop production. *Biodiversity and Conservation*. 32(14), 4573-4595. DOI: 10.1007/s10531-023-02718-4
18. Pashchenko, V. F., Syromyatnikov, Yu. N. (2019). The transporting ability of the rotor of the soil-cultivating loosening and separating vehicle. *Tractors and Agricultural Machinery*, 86(2), 67-74. <https://doi.org/10.31992/0321-4443-2019-2-67-74>
19. Bondarenko, G.L., Yakovenko, K.I. (Ed). Methodology of research work in vegetable growing and melon growing. Kharkiv: Osnova, 2001. 369 p.
20. Convention on Biological Diversity. (1992, June). Retrieved from https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_030#Text
21. Kadam, V.D., Shinde, S.J., Satav, D.C. (2018). Effect of different spacing and fertilizer levels on yield and economics of beetroot (*Beta vulgaris* l.). *J. Pharmacogn Phytochem.*, 7 (6), 31–35.
22. Dhakal, D.D., Paneru, R.B., Subedi, S. (2009). Effect of organic manure on growth, yield, and quality of spinach beet (*Beta vulgaris* l.). *J. Agric. Food Environ.*, 10, 33-42.
23. Mounika, V., Lakshminarayana, D., Srinivas, J., Sathish, G., Gouthami, P. (2022). Influence of Integrated Nutrient Management in Beet Root (*Beta vulgaris* L.) Cv. Crimson Globe for Growth and Yield under Alkaline conditions. *Biol. Forum Int. J.*, 14, 464-469. DOI: 10.20546/ijcmas.2020.910.308.
24. Laharia, G., Kadam, Y., Age, A.A., Jadhao, S., Mali, D., Rakhonde, O. (2020). Interactive effect of biochar, fym and nitrogen on soil properties and yield of blackgram grown in vertisol. *J. Pharmacogn. Phytochem.*, 9, 249–253. DOI: 10.9734/irjpac/2020/v21i2230292
25. Zannat, N.E.A., Sultana, A.K.M., Amin, R., Ruhul, P., Bithy, C. P., Alam, I. (2020). Influence of organic and inorganic fertilizers on the yield of blackgram. *Int. J. Biosci.*, 16, 79–89. DOI: 10.12692/ijb/16.4.79-89
26. Anasuyamma, B., Singh, S., Asirinaidu, B., Abhigna, K. (2022). Effect of organic manures and Inorganic fertilisers on the growth and yield of Blackgram (*Vigna mungo* L.). *J. Pharm. Innov.*, 11, 1214–1218.
27. Arulmani, R., Sellamuthu, K.M., Maragatham, S., Senthil, A., Thamaraiselvi, S.P., Anandham, R., Malathi, P., Sridevi, G. (2024). Yield

and quality of beetroot to soil test crop response (STCR) - integrated plant nutrient system (IPNS) based fertilizer prescription in Ultisols of Western Ghats of Tamil Nadu, India. *Plant Sci. Today*, 11(4), DOI: 10.14719/pst.4623

28. Borges, C. S., Saccol de Sá, E. L., Muniz, A. W., Osorio Filho, B. D. (2019). Potential use of rhizobium for vegetable crops growth promotion. *African Journal of Agricultural Research*, 14(8), 477-483. DOI: 10.5897/AJAR2017.12885

M. Gurin, Candidate of Agricultural Sciences

O. Soldatenko, Candidate of Agricultural Sciences

E. Dukhin, Candidate of Agricultural Sciences

Institute of Vegetable and Melon Growing of NAAS, Ukraine

O. Kuts, Doctor of Agricultural Sciences, Senior Researcher

O. Romanov, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor
State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine

Influence of a biologized fertilization system on the yield and output of mother roots of beetroot

The aim of the study was to determine the effectiveness of a biologically-based system for optimizing the nutrition of beetroot mother roots under strip placement of vegetable crops and legume–cereal mixtures (Rot–Mix system) in the soil and climatic conditions of the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine. Field experiments were conducted on chernozem soils at the Institute of Vegetable and Melon Growing of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine using beetroot varieties of different typologies (Bordo Kharkivskiyi, Vital, Bahrianyi) and biological products of various functional groups to optimize plant nutrition, stimulate growth processes, and protect against harmful organisms (Azotofit-R, Organic-Balance, Groundfix, Humifrend, HelpRost for vegetable crops, HelpRost Boron, Micohelp, Phytohelp, Aktovirm Formula, Liposam). The impact of the biologically-based fertilization system on the yield and output of beetroot mother roots of different varieties, as well as the main economic indicators of the cultivation technology, was determined. It was established that the biologically-based fertilization system statistically significantly increased the yield of beetroot mother roots by 5.7–7.8 t/ha, or 15.3–24.5 %, compared to the baseline technology. The highest yield over the years of the study was recorded for the Vital variety, and the lowest for the Bahrianyi variety. The biologically-based fertilization system ensured a positive trend in increasing the proportion of mother roots to 52.5 % compared to the baseline technology (48.8 %). The implementation of the biologically-based fertilization system resulted in an increase in net profit, depending on the variety, by 28.5–39.0 thousand UAH/ha, a reduction in production costs to 2.80–3.53 UAH/kg, and an increase in profitability to 60.3–90.3 % compared to the baseline technology for cultivating beetroot mother roots. The application of these technological approaches will ensure the future production of vegetable seeds suitable for organic cultivation technologies.

Keywords: beetroot, yield, mother roots, biological products, fertilization, economic indicators.

ЗЕМЛЕРОБСТВО

УДК 631.51:633.853.52(477.54)

DOI 10.5281/zenodo.18492928

В.Ю. Будьонний, канд. с.-г. наук, доцент
М.В. Швиденко, канд. с.-г. наук, доцент
Державний біотехнологічний університет, Харків, Україна

ВПЛИВ СПОСОБІВ ОСНОВНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ НА ВРОЖАЙНІСТЬ САФЛОРУ КРАСИЛЬНОГО В УМОВАХ ПОСУХИ ЛІСОСТЕПОВОЇ ЗОНИ ХАРКІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

У статті представлено результати дослідження впливу різних способів основного обробітку ґрунту на агрофізичні показники чорнозему типового, урожайність та рентабельність вирощування сафлору красильного у посушливих умовах лісостепової зони Харківської області. Дослідження проводились у ПП «Відродження» Красноградського району, де переважають чорноземи з вмістом гумусу 4,8–5,0% і нейтральною реакцією ґрунтового розчину. Було вивчено три варіанти основного обробітку: полицеву оранку на глибину 25–27 см, чизелювання на 25–27 см та дискування важкими боронами на 18–20 см. Умови вегетаційного періоду відзначалися аномально високими температурами (+3,4°C до середньобаторічних значень) та критично низькою кількістю опадів (76 мм за квітень–вересень, що на 191 мм менше норми). Це зумовило дефіцит продуктивної вологи та посилене ущільнення ґрунту.

Результати дослідження показали, що вологість чорнозему змінювалась залежно від фази розвитку сафлору та глибини орного шару. Найбільш схильним до висихання виявився верхній горизонт (0–10 см), тоді як нижчий (20–30 см) утримував вологу найдовше. Оранка забезпечувала добрі умови для накопичення вологи навесні, проте в умовах посухи сприяла швидкому висиханню верхнього шару і ущільненню підплужного горизонту (до 29,1 кг/см²). Чизелювання, навпаки, дозволяло краще утримувати запаси вологи протягом вегетаційного періоду завдяки відсутності підплужної підшви та збереженню капілярної водопровідності ґрунту. Дискування забезпечувало лише поверхнєве розпушення, що призвело до швидкої втрати вологи та критичного ущільнення глибших горизонтів (до 28,6 кг/см²).

Урожайність сафлору залежала від обробітку: при чизелюванні вона становила 1,01 т/га, при оранці – 0,93 т/га, при дискуванні – 0,74 т/га. Економічний аналіз показав, що найбільш рентабельним було чизелювання (60%), тоді як оранка та дискування забезпечили нижчі показники (49% і 48% відповідно). Це пояснюється оптимальним співвідношенням між витратами та рівнем врожайності при чизельному обробітку ґрунту.

Таким чином, в посушливих умовах лісостепу Харківської області найбільш ефективним способом основного обробітку ґрунту під сафлор красильний є чизелювання, яке забезпечує кращий баланс між вологоутриманням, розпушенням ґрунту та його структурною стійкістю, що дозволяє досягти вищої продуктивності та економічної ефективності виробництва.

Ключові слова: сафлор красильний, оранка, чизелювання, дискування, урожайність, вологість ґрунту, твердість ґрунту, посуха, кількість опадів.

Вступ. В Україні сафлор красильний (*Carthamus tinctorius* L.) є перспективною олійною культурою, яка добре адаптована до посушливих умов. Насіння сафлору містить до 40% олії, яка використовується в харчовій, фармацевтичній та косметичній промисловості, а також є популярним інгредієнтом у виробництві фарб, лаків і біодизелю. Окрім олії, з сафлору отримують білкову макуху, яка є високоякісний корм для худоби. Квіти сафлору містять природні барвники, що застосовуються в текстильній та харчовій промисловості, а завдяки своїм медоносним властивостям сафлор також є хорошою культурою для бджільництва.

Лісостепова зона Харківської області характеризується помірно-континентальним кліматом із нестійким режимом зволоження, що створює певні труднощі для традиційних культур, таких як соняшник. В умовах змін клімату та зростаючого дефіциту вологи сафлор виявляється однією з найперспективніших культур для цієї зони [2]. Його глибока коренева система дозволяє ефективно використовувати ґрунтову вологу, а висока стійкість до посухи дає змогу отримувати стабільні врожаї навіть за несприятливих погодних умов [3].

Окрім цього, сафлор добре адаптований до широкого спектру ґрунтів [4], включаючи чорноземи лісостепу Харківщини. Він не лише покращує родючість ґрунту завдяки біологічній активності кореневої системи, а й слугує чудовим попередником для зернових культур. Додатковими перевагами є його низька сприйнятливість до шкідників і хвороб, що зменшує потребу в хімічному захисті та знижує собівартість вирощування. Таким чином, сафлор має значний потенціал для розширення посівних площ у лісостеповій зоні Харківської області.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідження останніх десятиліть свідчать, що врожайність сафлору та якість насіння значною мірою залежать від умов вирощування, системи удобрення та методів обробітку ґрунту [8, 12, 17]. Встановлено, що традиційна оранка забезпечує краще накопичення та збереження ґрунтової вологи порівняно з мінімальним чи поверхневим обробітком, що позитивно позначається на продуктивності культури в умовах посушливих регіонів [11, 14].

Водночас низка досліджень показала, що мінімальні технології обробітку ґрунту можуть бути ефективними у поєднанні з оптимальним підбором сортів та внесенням мінеральних добрив, особливо на чорноземах лісостепової зони [6, 7]. За даними польових експериментів у різних кліматичних умовах, врожайність сафлору варіює від 0,8 до 2,5 т/га, при цьому на рівень продуктивності найбільше впливають забезпеченість вологою та поживними речовинами [5, 18].

Особливу увагу дослідники приділяють вивченню фізіологічних адаптацій сафлору до посухи. Глибока коренева система, здатність

формувати щільний восковий наліт на листках та висока ефективність використання води забезпечують йому конкурентні переваги серед інших олійних культур [13]. Крім того, сафлорове насіння відзначається високим вмістом ненасичених жирних кислот, зокрема лінолевої, що робить його цінною сировиною для харчової промисловості та виробництва дієтичних продуктів [17].

Окремі наукові праці наголошують також на значенні сафлору як попередника у сівозмінах, адже він покращує структуру ґрунту, зменшує розвиток хвороб і шкідників у наступних культурах та сприяє підвищенню загальної біологічної продуктивності агроєкосистем [1, 15, 20]. Таким чином, результати численних досліджень доводять, що ефективне вирощування сафлору в умовах лісостепової зони можливе за умови врахування особливостей клімату, вибору оптимальної системи обробітку ґрунту та використання сучасних агротехнологій.

Матеріали і методи досліджень. Метою проведення досліджень був аналіз впливу різних способів основного обробітку ґрунту на агрофізичні показники чорнозему типового, врожайність і рентабельність вирощування сафлору красильного в умовах лісостепу України.

Дослідження проводили в ПП «Відродження» Красноградського району Харківської області. У ґрунтовому покриві виробничих площ підприємства переважає типовий чорнозем, який має глибокий профіль з невеликим вмістом гумусу в орному шарі – 4,8–5,0%. Цей ґрунт характеризується: нейтральним рівнем рН 6,4–7,0; вмістом доступного фосфору і калію на рівні 8–10 і 9–11 мг/100 г ґрунту відповідно; зернисто-грудкатою структурою та високою активністю біологічного процесу.

Дослідження проводились у системі зерно-паро-просапний сівозміни, в якій сафлор красильний був висіяний після попередника пшениці озимої. В рамках дослідження використовувався сорт сафлору красильного «Добриня».

Дослід був розташований за принципом системної варіації відповідно до методичних рекомендацій. Досліджуваними варіантами основного обробітку ґрунту при вирощуванні сафлору були: полицева оранка ПЛН-5-35 (контроль) і безполицевий чизельний обробіток АГР-1,7 на глибину 25–27 см, а також дискування БДТ-7 на глибину 18–20 см.

Погодні умови у 2024 році за даними Берестинської (Красноградської) метеостанції були несприятливими для вирощування більшості сільськогосподарських культур і характеризувалися підвищеним середньорічним температурним режимом – 11,4°C (+3,3°C) і малою кількістю опадів – 438,0 мм (–185,5 мм) відносно середньобагаторічних показників [10]. Загальна кількість опадів у

вегетаційний період з квітня по вересень включно склала 76 мм, що на 191 мм менше за середньобогаторічні показники, а середньодобова температура за цей період становила 21°C, що на +3,4°C вище за норму (рис. 1, 2).

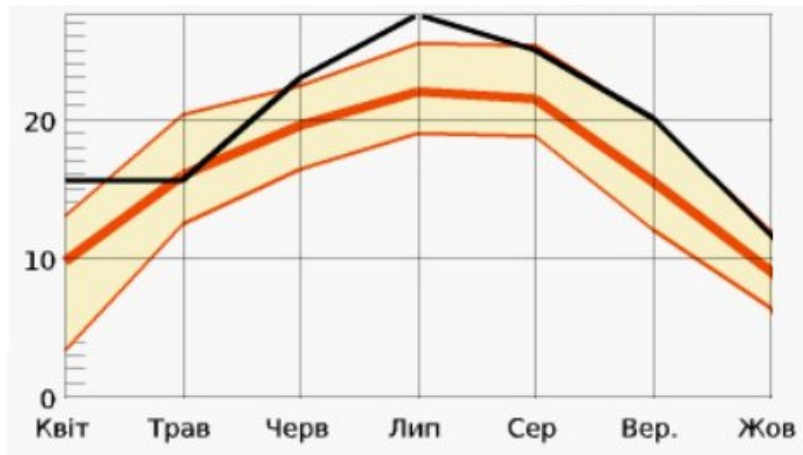


Рис. 1. Середньомісячна температура (°C) у вегетаційний період 2024 р. (чорна лінія) порівняно з середньобогаторічними даними за минулі 30 років (оранжева лінія в діапазоні відхилень)

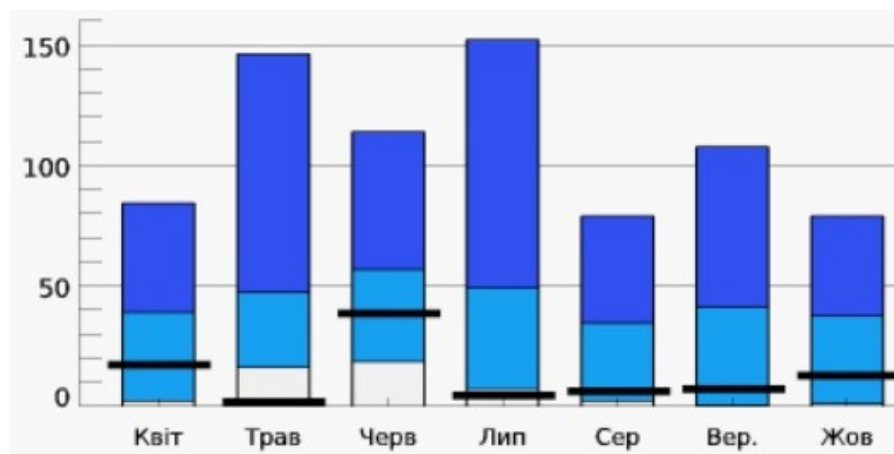


Рис. 2. Місячна кількість опадів (мм) за вегетаційний період 2024 р. (чорна лінія) порівняно з середньобогаторічними даними за минулі 30 років (синій колір – вище, блакитний колір – нижче середньобогаторічної кількості опадів)

Опади осінньо-зимового періоду і початку весни (≈ 200 мм) дозволили накопичити незначні запаси продуктивної вологи, але мала кількість опадів у квітні (16,7 мм) і майже їх відсутність у травні (1,9 мм) призвели до значної втрати цієї вологи на момент проростання сафлору. Високі температури кінця червня і початку липня ($+28^{\circ}\text{C}$) і мала кількість опадів у червні (39,1 мм) негативно вплинули цвітіння і утворення сім'янок сафлору. Липень, серпень і вересень характеризувались критично малою кількістю опадів (4,9; 6,5 і 7,3 мм),

що призвело до значного висихання ґрунту і збільшення його твердості.

Результати досліджень та їх обговорення. Погодні умови 2024 року були стресовими для вирощування більшості сільськогосподарських культур. Основним лімітуючим фактором у цих умовах була кількість продуктивної ґрунтової вологи для рослин. Сафлор красивий як один з посухостійких видів дозволяє більш ефективно використовувати доступну вологу, для формування врожаю [19].

Вологість чорнозему типового напряму залежить від інтенсивності та частоти опадів, випаровування, структури ґрунту та його здатності утримувати вологу і змінюється за глибиною орного шару (10, 20 і 30 см). Одним із завдань дослідження було визначення динаміки зміни вологості і твердості ґрунту під посівами сафлору залежно від основного обробітку ґрунту [9, 21].

Проведені дослідження показали, що способи основного обробітку ґрунту (фактор С) визначали вологість ґрунту відносно впливу інших факторів на рівні 22% (табл. 1). Більш суттєво вологість ґрунту змінювалась протягом вегетаційного сезону по фазах розвитку сафлору, вплив цього фактору (В) становив 64%. Зміна вологості ґрунту на різній глибині орного шару впливала як фактор (А) лише на 10%. Вплив попарної взаємодії факторів (АВ, ВС і АС) на вологість ґрунту був не значним – менше 1%.

1. Вплив основного обробітку на вологість ґрунту залежно від фази розвитку сафлору красивого на різній глибині орного шару, %

Основний обробіток ґрунту (С)	Глибина (А), см	Фаза розвитку (В)		
		Сходи	Цвітіння	Збирання
Оранка (25–27 см) (контроль)	10	12,6	10,6	7,5
	20	13,8	11,7	9,8
	30	14,5	13,1	11,0
Чизелювання (25–27 см)	10	12,1	11,1	8,8
	20	13,9	12,6	10,3
	30	14,4	13,7	11,5
Дискування (18–20 см)	10	11,8	10,0	7,0
	20	12,7	10,9	8,7
	30	13,1	11,3	9,2
НСР ₀₅ за впливом факторів А, В і С = 0,25				
НСР ₀₅ за впливом взаємодії факторів АВ, ВС і АС = 0,43				

Найбільш схильним до висихання та коливань вологості був верхній шар ґрунту (0–10 см). Середній горизонт (10–20 см) мав більш стабільну вологість, що також залежить від частоти опадів, які в цьому вегетаційному періоді були незначними і нечастими. Глибинний

горизонт (20–30 см) зберігав вологу найдовше і забезпечував нею кореневу систему рослин у період посухи.

Способи основного обробітку ґрунту по-різному вплинули на процеси накопичення і втрати вологи в орному шарі. Оранка забезпечувала найкраще накопичення вологи в осінньо-зимовий і весняний передпосівний періоди, що вплинуло на більш швидке проростання насіння і розвиток рослин сафлору, в тому числі кореневої системи. Однак ущільнення підплужного шару ґрунту порушувало при висиханні підняття вологи з більш глибоких горизонтів, що призводило до більш швидкої втрати вологи у верхніх горизонтах у середині (10,6–11,7%) і наприкінці (7,5–9,8%) вегетаційного періоду.

Безполицевий чизельний обробіток ґрунту також дозволив накопичити достатній для проростання насіння запас вологи у ґрунті і краще зберігати її в орному шарі (12,1%). При цьому обробітку зберігається структурованість ґрунту, що дозволяє у період посухи піднімати вологу з нижніх горизонтів.

Дискування як прийом основної обробки ґрунту не дозволив створити значних запасів продуктивної вологи перед сівбою (11,8–13,1%), а в посушливих умовах вегетаційного періоду вони більш швидко втрачались (7,0–9,2%) у порівнянні оранкою і чизельним обробітком.

Твердість ґрунту напряму залежала від його вологості. У міру висихання ґрунту його твердість значно зростала, особливо в глибших горизонтах, де ущільнення відбувалося сильніше через тиск верхніх шарів. Це впливало на розвиток кореневої системи та ефективність агротехнічних заходів (табл. 2).

2. Вплив способів основного обробітку на твердість ґрунту залежно від фази розвитку сафлору красильного на різній глибині орного шару, кг/см²

Основний обробіток ґрунту (С)	Глибина (А), см	Фаза розвитку (В)		
		Сходи	Цвітіння	Збирання
Оранка (25–27 см) (контроль)	10	11,22	13,26	17,34
	20	13,26	15,30	20,40
	30	21,60	24,70	29,10
Чизелювання (25–27 см)	10	13,26	15,30	17,34
	20	15,30	17,34	21,42
	30	17,34	20,40	23,46
Дискування (18–20 см)	10	12,80	16,32	18,60
	20	16,32	19,38	24,48
	30	20,40	24,48	28,56
НСР ₀₅ за впливом факторів А, В і С = 0,28				
НСР ₀₅ за впливом взаємодії факторів АВ, ВС і АС = 0,48				

У загальному впливі різних факторів на твердість ґрунту спосіб основного обробітку ґрунту (фактор С) займав 54%, фактор часу (В – фаз розвитку) – 33%, фактор (А) зміни щільності по вертикальному профілю орного шару – 4%. Вплив взаємодії факторів АС дорівнював 7%, а факторів АВ і ВС був менше 1%.

Серед досліджуваних способів основного обробітку ґрунту, оранка створювала добре розпушений верхній шар, але ущільнювала ґрунт на підплужних глибинах (30 см), який протягом вегетації в умовах посухи став ще твердішим і перед збиранням сафлору становив 29,1 кг/см².

Дискування недостатньо розпушувало середній і нижній шари, що збільшує твердість ґрунту. Воно давало поверхнєве розпушення, але вже у фазу цвітіння ґрунт починав ущільнюватися, особливо нижче 20 см (19,4–24,5 кг/см²). В кінці вегетації твердість у глибоких шарах майже сягала критичних значень для росту коренів (28,6 кг/см²).

Таким чином оранка і дискування призводили до ущільнення горизонтів ґрунту нижче робочих органів агрегатів, що в умовах посухи робило їх твердими для проникнення коренів сафлору і порушувало капілярне переміщення вологи з нижніх горизонтів у верхні, де знаходиться основна маса кореневої системи.

Чизелювання забезпечувало найкращий баланс між розпушенням і відсутністю надмірного ущільнення. Воно покращувало рівномірність розпушення, але з часом ґрунт ущільнюється, особливо у нижніх горизонтах. Формування щільного шару відбувалося менш інтенсивно, ніж при оранці й наприкінці вегетаційного сезону на глибині 30 см його твердість була найменшою (23,5кг/см²) у порівнянні з іншими дослідними варіантами.

В умовах посухи спосіб основного обробітку ґрунту під сафлор суттєво вплинув і на його врожайність (табл. 3).

3. Вплив способів основного обробітку на врожайність і рентабельність вирощування сафлору красильного при ціні 1 т продукції 27,3 тис. грн

Показник	Оранка (25–27 см) (контроль)	Чизелювання (25–27 см)	Дискування (18–20 см)
Урожайність, т/га	0,93	1,01	0,74
Вартість врожаю, тис. грн/га	25,4	27,6	20,2
Витрати при вирощування врожаю, тис. грн/га	13,0	11,0	10,5
Прибуток, тис. грн/га	12,4	16,6	9,7
Рентабельність, %	48,8	60,1	48,0

Завдяки збереженню структури ґрунту і повільної втрати вологи протягом вегетаційного періоду, чизелювання на глибину 25–27 см, як

варіант основного обробітку ґрунту, дало змогу отримати врожайність 1,01 т/га при рентабельності 60%. Оранка забезпечила трохи нижчу врожайність (0,93 т/га), але по причині великої енергоємності цього методу основного обробітку ґрунту, рентабельність вирощування сафлору була на рівні 49%. Так само як і при дискування (48%), хоча цей спосіб основного обробітку ґрунту забезпечив найнижчу врожайність – 0,74 т/га.

Висновки. В умовах лісостепової зони Харківської області у посушливий період (зменшення опадів у вегетаційний період до 76 мм) чизелювання є більш ефективним способом основного обробітку, оскільки воно забезпечує більш рівномірний розподіл та утримання вологи в ґрунті протягом усього сезону вирощування сафлору, що дозволило досягти у досліді урожайності 1,01 т/га при найбільшій рентабельності 60%. Застосування традиційної оранки в таких умовах не дозволило досягнути тих показників врожайності, які є найвищими при достатньому вологозабезпеченні. Урожайність сафлору після оранки склала 0,93 т/га при великих витратах, що призвело до зниження рентабельності до 49%. Дискування, як прийом основного обробітку ґрунту, не забезпечує достатньої продуктивності (урожайність – 0,74 т/га) і не рекомендується для вирощування сафлору на чорноземах Харківщини.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Коновалов В.О., Коновалова В.М., Усик Л.О. Насіннєва продуктивність сортів сафлору красильного за різних умов вирощування на півдні України. *Зрошувальне землеробство: збірник наукових праць*. 2019. Вип. 72. С. 143–147. <https://doi.org/10.32848/0135-2369.2019.72.31>
2. Лазер П.Н., Рудік О.Л., Найдьонов В.Г., Нижегороденко В.М. Агроєкологічне обґрунтування вирощування сафлору красильного в зоні сухого степу. *Таврійський науковий вісник: науковий журнал*. Вип. 81. Херсон: Грінь Д.С., 2012. С. 65–70.
3. Федорчук М.І., Філіпов Є.Г., Гармашов В.В., Федорчук В.Г. Програмування продуктивності рослин сафлору красильного залежно від впливу природних та агротехнічних чинників. *Таврійський науковий вісник: науковий журнал*. Вип. 88. Херсон: Грінь Д.С., 2014. С. 204–209.
4. Хоміна В.Я. Агроєкологічні аспекти вирощування сафлору красильного в умовах Лісостепу Західного. *Таврійський науковий вісник: науковий журнал*. Вип. 88. Херсон: Грінь Д.С., 2014. С. 209–214.
5. Gałęzewski, L., Jaskulska, I. Kotwica, K., Lewandowski, Ł. The Dynamics of Soil Moisture and Temperature—Strip-Till vs. Plowing—A Case Study. *Agronomy* 2023, 13, 83. <https://doi.org/10.3390/agronomy13010083>

6. Han J., Li J., Chen Q., Zhang X. Long-term conservation tillage breaks the plough pan and promotes the development of preferential flow. *Geoderma*. Volume 458, June 2025, 117329. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2025.117329>
7. Koç H. The effects of seasonal climate change on the safflower genotypes productivity under Central Anatolian conditions. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 2024. Volume 102, Issue 2 pp. 295-304. <https://doi.org/10.1002/aocs.12886>
8. Kuzucu M., Dökmen F. The Effects of Tillage on Soil Water Content in Dry Areas. *Agriculture and Agricultural Science Procedia* 4 (2015) 126–132. <https://doi.org/10.1016/j.aaspro.2015.03.015>
9. Melero S., M. Panettieri M., Madejón E., Macpherson H.G., F. Moreno F., Murillo J.M. Implementation of chiselling and mouldboard ploughing in soil after 8 years of no-till management in SW, Spain: Effect on soil quality. *Soil and Tillage Research*. Volume 112, Issue 2, April 2011, Pages 107-113. <https://doi.org/10.1016/j.still.2010.12.001>
10. Meteoblu. Зміни клімату Берестын. https://www.meteoblu.com/uk/climate-change/berestyn_ukraine_704388
11. Modiba M.M., Ocansey, C.M., Ibrahim H.T.M., Birkás M., Dekemati I., Simon, B. Assessing the Impact of Tillage Methods on Soil Moisture Content and Crop Yield in Hungary. *Agronomy* 2024, 14, 1606. <https://doi.org/10.3390/agronomy14081606>
12. Ponakala, P., Garg, K. K., & Anantha, K. H.. Water use and yield response of rainfed safflower (*Carthamus tinctorius* L.) in Vertisols with varying soil depths. *Agronomy*. 2024. Journal, 116, 1933–1951. <https://doi.org/10.1002/agj2.21581>
13. Romanekas, K., Kimbirauskienė, R., Sinkevičienė, A. Impact of Tillage Intensity on Planosol Bulk Density, Pore Size Distribution, and Water Capacity in Faba Bean Cultivation. *Agronomy* 2022, 12, 2311. <https://doi.org/10.3390/agronomy12102311>
14. Saha A.K., McMaine J.T., Trooien T., Sexton P., Graham C. Impact of no-till, crop rotation, cover crop, and drainage on soil physical and hydraulic properties. *Soil Science Society of America Journal*. 2023. Volume 88, Issue 2 pp. 239-257. <https://doi.org/10.1002/saj2.20614>
15. Shahrokh V., Bondi G., Fahy A., O'Sullivan L. Advancing Soil Compaction Assessment: A Comprehensive Study in Ireland. *European Journal of Soil Science*. 2025. Volume 76, Issue 3 e70122. <https://doi.org/10.1111/ejss.70122>
16. Singh S , Angadi S.V., Kulbhushan K, Begna S.a, Auld D. Drought response and yield formation of spring safflower under different water regimes in the semiarid Southern High Plains. *Agricultural Water Management*. Volume 163, 1 January 2016, Pages 354-362. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2015.10.010>

17. Singh S., Angadi S.V., Grover K.K., Hilaire R.St., Begna S. Effect of growth stage based irrigation on soil water extraction and water use efficiency of spring safflower cultivars. *Agricultural Water Management*. Volume 177, November 2016, Pages 432-439. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2016.08.023>
18. Unger P.W., Jones O.R. Long-term tillage and cropping systems affect bulk density and penetration resistance of soil cropped to dryland wheat and grain sorghum. *Soil and Tillage Research*. Volume 45, Issues 1–2, 11 May 1998, Pages 39-57. [https://doi.org/10.1016/S0167-1987\(97\)00068-8](https://doi.org/10.1016/S0167-1987(97)00068-8)
19. Williams A., Adam S. Davis A.S., Patrick M. et al. A comparison of soil hydrothermal properties in zonal and uniform tillage systems across the US Corn Belt. *Geoderma*. Volume 273, 1 July 2016, Pages 12-19. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2016.03.010>
20. Zafari M., Ebadi A., Jahanbakhsh S., Sedghi M. Safflower (*Carthamus tinctorius*) Biochemical Properties, Yield, and Oil Content Affected by 24-Epibrassinosteroid and Genotype under Drought Stress. *J Agric Food Chem*. 2020 Jun 3;68(22):6040-6047. doi: 10.1021/acs.jafc.9b06860
21. Zhang, M., Dai, S., Gul, S., He, L., Chen, H., Liu, D. Effect of Plow Pan on the Redistribution Dynamics of Water and Nutrient Transport in Soils. *Sustainability* 2024, 16, 8859. <https://doi.org/10.3390/su16208859>

REFERENCES

1. Konovalov V.O., Konovalova V.M., Usyk L.O. (2019). Seed productivity of safflower varieties under different growing conditions in southern Ukraine. *Irrigated agriculture. Collection of scientific papers*. 72. 143-147. <https://doi.org/10.32848/0135-2369.2019.72.31>
2. Lazer P.N., Rudik O.L., Naidyonov V.G., Nizhegolenko V.M. (2012). Agroecological justification for growing dye safflower in the dry steppe zone. *Tavria Scientific Bulletin: Scientific Journal*. 81. 65–70.
3. Fedorchuk M.I., Filipov E.G., Garmashov V.V., Fedorchuk V.G. (2014). Programming the productivity of safflower plants depending on the influence of natural and agrotechnical factors. *Tavria Scientific Bulletin: Scientific Journal*. 88. 204–209.
4. Khomina V.Ya. (2014). Agroecological aspects of growing dye safflower in the conditions of the Western Forest-Steppe. *Tavria Scientific Bulletin: Scientific Journal*. 88. 209–214.
5. Gałęzewski, L., Jaskulska, I. Kotwica, K., Lewandowski, Ł. (2023). The Dynamics of Soil Moisture and Temperature—Strip-Till vs. Plowing—A Case Study. *Agronomy*. 13. 83. <https://doi.org/10.3390/agronomy13010083>
6. Han J., Li J., Chen Q., Zhang X. (2025). Long-term conservation tillage breaks the plough pan and promotes the development of

- preferential flow. *Geoderma*. 458. 117329.
<https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2025.117329>
7. Koç H. (2024). The effects of seasonal climate change on the safflower genotypes productivity under Central Anatolian conditions. *Journal of the American Oil Chemists' Society* 102. 2. 295-304.
<https://doi.org/10.1002/aocs.12886>
8. Kuzucu M., Dökmen F. (2015). The Effects of Tillage on Soil Water Content in Dry Areas. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*. 4. 126 – 132. <https://doi.org/10.1016/j.aaspro.2015.03.015>
9. Melero S., M. Panettieri M., Madejón E., Macpherson H.G., F. Moreno F., Murillo J.M. (2011). Implementation of chiselling and mouldboard ploughing in soil after 8 years of no-till management in SW, Spain: Effect on soil quality. *Soil and Tillage Research*. 112. 2. 107-113.
<https://doi.org/10.1016/j.still.2010.12.001>
10. Meteoblu. Зміни клімату Berestyn.
https://www.meteoblue.com/uk/climate-change/berestyn_ukraine_704388
11. Modiba M.M., Ocansey C.M., Ibrahim H.T.M., Birkás M., Dekemati I., Simon B. (2024). Assessing the Impact of Tillage Methods on Soil Moisture Content and Crop Yield in Hungary. *Agronomy* 14. 1606.
<https://doi.org/10.3390/agronomy14081606>
12. Ponakala, P., Garg, K. K., &Anantha, K. H. (2024). Water use and yield responseof rainfed safflower (*Carthamus tinctorius* L.) inVertisols with varying soil depths. *Agronomy*. 116, 1933–1951.
<https://doi.org/10.1002/agj2.21581>
13. Romaneckas K., Kimbirauskienė R., Sinkevičienė A. (2022). Impact of Tillage Intensity on Planosol Bulk Density, Pore Size Distribution, and Water Capacity in Faba Bean Cultivation. *Agronomy*. 12. 2311.
<https://doi.org/10.3390/agronomy12102311>
14. Saha A.K., McMaine J.T., Trooien T., Sexton P., Graham C. (2023). Impact of no-till, crop rotation, cover crop, and drainage on soil physical and hydraulic properties. *Soil Science Society of America Journal*. 88. 2. 239-257. <https://doi.org/10.1002/saj2.20614>
15. Shahrokh V., Bondi G., Fahy A., O'Sullivan L. (2025). Advancing Soil Compaction Assessment: A Comprehensive Study in Ireland. *European Journal of Soil Science*. 76. 3. 70122.
<https://doi.org/10.1111/ejss.70122>
16. Singh S , Angadi S.V., Kulbhushan K, Begna S.a, Auld D. (2016). Drought response and yield formation of spring safflower under different water regimes in the semiarid Southern High Plains. *Agricultural Water Management*. 163. 1. 354-362.
<https://doi.org/10.1016/j.agwat.2015.10.010>
17. Singh S., Angadi S.V., Grover K.K., Hilaire R.St., Begna S. (2016). Effect of growth stage based irrigation on soil water extraction and

water use efficiency of spring safflower cultivars. *Agricultural Water Management*. 177 432-439. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2016.08.023>

18. Unger P.W., Jones O.R. (1998). Long-term tillage and cropping systems affect bulk density and penetration resistance of soil cropped to dryland wheat and grain sorghum. *Soil and Tillage Research*. 45, 1–2. 39-57. [https://doi.org/10.1016/S0167-1987\(97\)00068-8](https://doi.org/10.1016/S0167-1987(97)00068-8)

19. Williams A., Adam S. Davis A.S., Patrick M. et al. (2016)/ A comparison of soil hydrothermal properties in zonal and uniform tillage systems across the US Corn Belt. *Geoderma*. 273/ 12-19. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2016.03.010>

20. Zafari M., Ebadi A., Jahanbakhsh S., Sedghi M. (2020). Safflower (*Carthamus tinctorius*) Biochemical Properties, Yield, and Oil Content Affected by 24-Epibrassinosteroid and Genotype under Drought Stress. *J Agric Food Chem*. 68(22). 6040-6047. doi: 10.1021/acs.jafc.9b06860

21. Zhang, M., Dai, S., Gul, S., He, L., Chen, H., Liu, D. (2024). Effect of Plow Pan on the Redistribution Dynamics of Water and Nutrient Transport in Soils. *Sustainability*. 16. 8859. <https://doi.org/10.3390/su16208859>

V. Budyonny, candidate of agricultural sciences, dotsent

M. Shvydenko, candidate of agricultural sciences, dotsent
State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine

Influence of main soil tillage methods on safflower yield in drought conditions of the Forest-Step zone of Kharkiv region

Formulation of the problem. Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) is an oilseed crop characterized by high drought resistance and adaptability to arid climatic conditions. In the forest-steppe zone of Ukraine, increased aridity and depletion of groundwater reserves significantly limit its productivity. The choice of the main soil cultivation system directly affects the hydrothermal properties of the soil and crop yields, but there is still insufficient research in the conditions of the Kharkiv region.

The purpose of the research. The study aimed to assess the impact of different tillage systems on soil water regime, growth, and yield formation of safflower under conditions of typical black soils in Kharkiv region.

Research methods. The research was conducted at the Vidrodzhennia private enterprise in the Krasnohrad district, where black soil with a humus content of 4.8–5.0% and a neutral soil solution reaction prevail. The research was conducted in a grain-steam-row crop rotation system, in which safflower was sown after winter wheat. The Dobrynya variety of safflower was used in the experiment. The experiment was designed according to the principle of systematic variation in accordance with methodological recommendations. The studied variants of basic soil cultivation for safflower cultivation were: plow plowing PLN-5-35 (control) and non-plow chisel cultivation AGR-1.7 to a depth of 25–27 cm, as well as disc harrowing BDT-7 to a depth of 18–20 cm.

The growing season was characterized by abnormally high temperatures (+3.4°C above the long-term average) and critically low precipitation (76 mm in April–September,

which is 191 mm below normal). This led to a deficit of productive moisture and increased soil compaction.

Research results. The results of the study showed that the moisture content of the black soil varied depending on the phase of safflower development and the depth of the arable layer. The upper horizon (0–10 cm) was most prone to drying out, while the lower horizon (20–30 cm) retained moisture the longest. Plowing provided good conditions for moisture accumulation in the spring, but in drought conditions, it contributed to rapid drying of the upper layer and compaction of the subsoil horizon (up to 29.1 kg/cm²). Chiseling, on the contrary, allowed for better moisture retention during the growing season due to the absence of a plow pan and the preservation of capillary water conductivity in the soil. Disc harrowing provided only superficial loosening, which led to rapid moisture loss and critical compaction of deeper horizons (up to 28.6 kg/cm²).

The yield of safflower depended on the type of tillage: with chisel plowing, it was 1.01 t/ha, with plowing – 0.93 t/ha, and with disc harrowing – 0.74 t/ha. Economic analysis showed that chisel plowing was the most profitable (60%), while plowing and disc harrowing provided lower rates (49% and 48%, respectively). This is explained by the optimal ratio between costs and yield levels with chisel plowing.

Conclusions. Thus, in the arid conditions of the forest-steppe zone of the Kharkiv region, the most effective method of primary soil cultivation for safflower is chisel plowing, which provides a better balance between moisture retention, soil loosening, and structural stability, allowing for higher productivity and economic efficiency of production.

Keywords: safflower, plowing, chisel plowing, disc harrowing, yield, soil moisture, soil hardness, drought, precipitation.

СЕЛЕКЦІЯ

УДК 633.854.78:631.527:631.524.8

DOI 10.5281/zenodo.18493007

В.В. Антоненко, аспірант

Державний біотехнологічний університет, Харків, Україна

СЕЛЕКЦІЙНЕ ПОЛІПШЕННЯ АМАРАНТУ

У статті висвітлено сучасні підходи до селекційного вдосконалення амаранту (*Amaranthus spp.*) як перспективної нішевої культури, здатної забезпечити продовольчу та функціональну безпеку в умовах глобальних кліматичних змін. Наведено аналіз морфологічних, біохімічних та генетичних ознак, що мають селекційну цінність, зокрема вміст білка, лізину, сквалену, а також показники врожайності, адаптивності та стійкості до абіотичних стресів. Обговорено перспективи використання біотехнологічних методів, таких як маркерна селекція, геномне редагування (CRISPR/Cas9), а також інтеграція іноземного генофонду для підвищення адаптивності та харчової цінності нових сортів. Представлено результати польових досліджень та порівняльну характеристику сортів за агрономічними показниками. Наголошено на потребі подальшого розвитку генетичних ресурсів, молекулярної селекції та агротехнічного супроводу вирощування культури в різних агрокліматичних зонах України. Запропоновано стратегії поєднання традиційних і сучасних методів селекції для створення високопродуктивних, стійких та поживно цінних сортів амаранту, здатних ефективно реагувати на виклики сучасного сільського господарства.

Ключові слова: амарант, селекція, продуктивність, абіотичні стреси, генетичні ресурси, сортове різноманіття, біотехнології, адаптивність.

Вступ. У сучасних умовах глобальних змін клімату, зростання населення та обмежених ресурсів сільське господарство стикається з викликами забезпечення продовольчої безпеки та підвищення якості харчових продуктів. У цьому контексті зростає інтерес до малопоширених культур, зокрема амаранту (*Amaranthus spp.*), який вирізняється високою поживною цінністю, здатністю адаптуватися до несприятливих умов та значним селекційним потенціалом [46].

Амарант — це однорічна рослина з добре розвиненою кореневою системою, прямостоячим стеблом, яке може сягати 150–250 см заввишки, великим листям (довжина до 20 см), і характерним щільним суцвіттям-волоттю. Морфологічні показники, зокрема висота рослин, площа листової поверхні, довжина і маса суцвіття, кількість насіння з рослини, мають велике значення для оцінки продуктивного потенціалу сортів [48].

Насіння амаранту — дрібне (діаметром 1–1,5 мм), сферичної форми, з блискучою поверхнею, забарвлення якого варіює від

кремового до чорного. У контексті селекції важливими ознаками є маса 1000 насінин, рівень обсіпання, щільність розміщення насіння у суцвітті, а також співвідношення між вегетативною та генеративною масою рослини [47].

Насіння містить високоякісний білок із збалансованим амінокислотним складом, включаючи лізин та метіонін, що рідко зустрічаються в основних зернових культурах [48]. Крім того, зерно багате на харчові волокна, антиоксиданти, мінерали, вітаміни та біологічно активні речовини, зокрема сквален [47].

Завдяки фотосинтезу типу C_4 , амарант проявляє високу ефективність використання води та відносну стійкість до посухи, що є важливою перевагою в умовах змін клімату [15]. Проте селекційна робота з амарантом значно поступається за обсягом і результатами дослідженням традиційних культур, що обумовлює необхідність активізації наукових зусиль у цьому напрямі.

Науковці акцентують увагу на вивченні генетичного різноманіття, виявленні цінних алелів та розробці методів ефективної селекції. Зокрема, використовуються такі підходи як міжвидова гібридизація, мутагенез, маркерна селекція та сучасні біотехнологічні інструменти, включаючи CRISPR/Cas-редагування геному [4].

В Україні амарант успішно вирощується в різних агрокліматичних зонах, демонструючи високу адаптивність. За результатами досліджень [45], врожайність культури варіює залежно від сорту, агротехніки, рівня мінерального живлення та морфологічних особливостей, що підкреслює значення комплексної оцінки сортів у процесі селекції.

Таким чином, селекційне поліпшення амаранту на продуктивність та якість зерна з урахуванням морфологічних характеристик є важливим і перспективним напрямом сучасної аграрної науки.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Амарант (*Amaranthus spp.*) останніми роками викликає значний науковий інтерес через поєднання високої біологічної цінності зерна, адаптації до екстремальних умов вирощування та перспектив для сталого землеробства. Останні дослідження вказують на важливість комплексного підходу до селекції, що включає як традиційні морфологічні, так і молекулярно-генетичні методи.

Стеттер разом з колегами розглянули еволюційні аспекти та генетичні ресурси амаранту, акцентуючи на важливості популяційного аналізу для селекційних програм [41, 42]. Гелотар та співавтори використали ISSR-маркери для оцінки генетичної різноманітності, що є важливою передумовою для селекції високопродуктивних генотипів [8]. Аналогічно, дослідження Нгуєна підтвердили генетичну

варіабельність серед в'єтнамських зразків *Amaranthus tricolor* L., що відкриває перспективи для виведення нових сортів з підвищеною якістю зерна [30].

Кумар і співавтору своїй оглядовій роботі систематизували сучасні селекційні підходи, включно з CRISPR/Cas-редагуванням, для вдосконалення агрономічних ознак амаранту зосередилися на біомасі як селекційній цілі, дослідивши продуктивність ранньостиглих і пізньостиглих генотипів [6, 18]. Саркер та Оба у серії публікацій [37–39] систематично аналізували мінливість, спадковість та кореляційні зв'язки між ознаками у овочевих форм амаранту, що також має значення для зернових сортів.

Амарант (*Amaranthus spp.*) відомий своєю здатністю адаптуватися до несприятливих умов середовища, зокрема до посухи та засолення ґрунтів. Ця толерантність обумовлена поєднанням морфофізіологічних та молекулярних механізмів, що дозволяють рослині зберігати продуктивність в екстремальних умовах.

Дослідження, проведені в Італії, показали, що *Amaranthus hypochondriacus* може зберігати якість зерна навіть за умов обмеженого зрошення та підвищеної солоності води, що робить його перспективною культурою для вирощування в маргінальних умовах [35]. У цьому дослідженні встановлено, що якість зерна залишалася стабільною, незважаючи на різні режими зрошення та рівні солоності води.

На молекулярному рівні, гени, пов'язані з адаптацією до абіотичних стресів, відіграють ключову роль у толерантності амаранту. Наприклад, ген AhDGR2, який кодує білок родини DUF642, був значно індукований у рослинах *Amaranthus hypochondriacus* під впливом водного дефіциту та соляного стресу, що свідчить про його участь у толерантності до абіотичних стресів [33].

Крім того, дослідження показали, що трансгенні рослини *Arabidopsis*, які експресують ген AtrTCP1 з амаранту, демонструють підвищену толерантність до соляного стресу, що вказує на потенціал використання цього гена в селекційних програмах для покращення стійкості до абіотичних стресів [22].

В Україні дослідження адаптації амаранту до абіотичних стресів також активно проводяться.

Агротехнічні заходи, зокрема застосування різних типів добрив, мають суттєвий вплив на врожайність та якість амаранту. Дослідження показують, що як органічні, так і мінеральні добрива можуть значно покращити агрономічні показники сортів.

Кунене та співвавтори встановили, що внесення як органічних (20–40 т/га гною), так і мінеральних добрив (100–150 кг/га NPK) сприяє значному підвищенню росту та врожайності *Amaranthus hybridus*,

причому ефект був подібним у обох варіантів [21].

Матшона з колегами досліджували вплив різних доз азотних добрив і виявили, що їх застосування до 150 кг/га підвищує врожайність листя амаранту та вміст білка, при цьому мінеральні добрива давали вищу суху речовину і білок, ніж органічні [27].

Ахмад та співавтор провели порівняльну оцінку впливу органічних (кур'ячий послід, гній) і мінеральних (сечовина) добрив на ріст *Amaranthus dubius*. Мінеральні добрива показали кращі результати щодо приросту біомаси та кількості листків [3].

Айоделе встановив, що оптимальна доза азоту (100–200 кг/га) значно підвищує врожайність *A. hybridus* і *A. hypochondriacus*. Для *A. hybridus* вона досягала 75% приросту врожаю листя [5].

Дослідження Брессані з колегами показали, що застосування добрив не лише підвищувало врожай, але й збільшувало вміст білка в зерні трьох видів амаранту, особливо в *A. caudatus*, хоча зміна якості білка була незначною [7].

Селекційна робота з амарантом в Україні спрямована на створення високопродуктивних сортів із покращеними агрономічними та якісними характеристиками зерна. Зокрема, сорти Харківський 1, Лера та Ацтек демонструють високий вміст білка (20,2–24,9%) та лізину (0,85–0,91%), що робить їх перспективними для харчового використання [45].

Українські науковці приділяють значну увагу амаранту як перспективній культурі для вирощування в умовах змін клімату. Вагомий внесок у цю галузь зробили Т.І. Гопцій та її колеги.

Гопцій Т.І. досліджувала агроекологічні та агротехнічні основи вирощування амаранту в умовах Лівобережного Лісостепу України. Вона обґрунтувала доцільність введення цієї культури в сівозміни. [9].

У подальших публікаціях розглядаються селекційні аспекти, зокрема добір сортів з високим вмістом білка, стійкістю до посухи та адаптивністю до умов вирощування. Було доведено, що сорти за сприятливих умов забезпечують врожайність на рівні 3,0–3,4 т/га зерна [12].

Також спільно з Гудковською проведено експерименти, в яких вивчали вплив строків сівби та способів висіву на формування продуктивності амаранту. Встановлено, що найвищу продуктивність забезпечували посіви в першій декаді травня широкорядним способом [13].

Дослідження цих науковців є основою для формування національних селекційних програм, спрямованих на створення сортів амаранту з підвищеним вмістом білка, стабільною врожайністю та адаптацією до умов посушливих регіонів України.

Як зазначають Тируса та Лихочвор сорт Харківський 1

забезпечував найвищу врожайність зерна (до 4,03 т/га) в умовах Західного Лісостепу України [45].

У дослідженнях Яценка було вивчено вплив гідрогелю MaxiMarin на продуктивність сортів Харківський 1, Геліос та Сем. Застосування гідрогелю сприяло підвищенню врожайності зеленої маси та покращенню якості зерна, що свідчить про ефективність інтеграції селекційних та агротехнічних заходів [48].

Таким чином, селекційне поліпшення амаранту в Україні є комплексним і багатовекторним, охоплюючи як адаптацію до умов вирощування, так і формування покращених показників продуктивності та якості зерна у комплексі з агротехнічними заходами.

Матеріали і методи досліджень. Під час підготовки статті використано джерела з відкритим доступом, включно з науковими статтями, монографіями, а також результатами експериментальних досліджень, опублікованих у міжнародних базах даних. До аналізу включено рецензовані публікації, що висвітлюють результати досліджень з селекції, агротехніки та оцінки якості зерна амаранту. Основним критерієм відбору джерел були: наявність відкритого доступу, наукова цінність, рецензування. Перевагу надавали публікаціям останніх десяти років, у яких розглянуто сучасні методи селекції та агротехнічного вдосконалення культури амаранту.

Для аналізу літератури застосовано систематичний підхід: визначення ключових тем, порівняння методів оцінки врожайності, якості та стабільності сортів. Вивчалися як польові експерименти, так і результати біохімічних та молекулярно-генетичних досліджень.

Результати досліджень та їх обговорення. Селекційні дослідження амаранту спрямовані на вирішення кількох важливих агрономічних і харчових завдань, що включають підвищення врожайності, поліпшення якості зерна, забезпечення стійкості до стресів та впровадження сучасних технологій селекції.

Одним із провідних напрямків є підвищення врожайності та адаптивності сортів. Завдяки значній генетичній різноманітності, доступній серед існуючих видів амаранту, з'являються широкі можливості для виведення сортів, адаптованих до різних кліматичних умов. Дослідження свідчать про успішне використання фенотипових відборів для досягнення високої врожайності у різних регіонах [15, 16].

Другим напрямком є поліпшення харчової якості зерна, зокрема вмісту білка, лізину, кальцію, заліза та цинку. Сучасні селекційні програми спрямовані на створення сортів з вищим вмістом поживних речовин та зниженим рівнем антинутрієнтів [20, 25].

Важливим завданням також є підвищення стійкості до абіотичних та біотичних стресів, таких як посуха, засоленість ґрунтів, хвороби і шкідники. Розробка сортів з високою стійкістю дозволяє забезпечити

стабільну продуктивність навіть за несприятливих умов [17].

Ще одним важливим напрямом є використання біотехнологічних методів, таких як молекулярна маркерна селекція, геномна селекція та редагування геному. Вони дозволяють скоротити час селекційного процесу та точніше виводити сорти з бажаними ознаками [20, 41, 42].

Нарешті, участь фермерів у селекційних програмах сприяє практичному впровадженню результатів на місцях. Такий підхід дозволяє адаптувати сорти відповідно до локальних потреб, підвищуючи їх прийнятність та ефективність у реальних господарських умовах [31].

Селекційні технології, що застосовуються до амаранту, відзначаються великою варіативністю. Ключовими напрямками сучасної селекції є традиційний фенотиповий відбір, впровадження біотехнологічних методів та геномна селекція [37, 38].

Традиційна селекція базується на багаторазовому відборі найкращих форм за ознаками врожайності, якості зерна, стійкості до стресів та адаптивності. В Україні ці підходи активно використовуються у наукових установах, зокрема в Державному біотехнологічному університеті, де було створено низку вітчизняних сортів амаранту, таких як Харківський-1, Лера, Ультра [2]. За словами українських дослідників, саме традиційна селекція дає змогу адаптувати сорти до конкретних кліматичних зон та забезпечити стабільну врожайність у виробництві [9, 11].

Біотехнологія в селекції амаранту охоплює молекулярно-генетичні маркери, індукований мутагенез, генетичну трансформацію та геномне редагування. Наприклад, використання маркерної селекції дозволяє відібрати генотипи з високим вмістом білка або адаптивними ознаками без необхідності багаторічних польових дослідів [20].

Геномна селекція є новітнім напрямом, який базується на прогнозуванні цінності генотипу за допомогою повногеномного профілю. Такий підхід дозволяє пришвидшити селекційний процес у 2–3 рази. Як свідчать результати досліджень [41, 42], впровадження цього методу в селекцію амаранту дає змогу досягти вищої точності у доборі ознак, що є складними за своєю спадковістю. Таким чином, поєднання традиційних і сучасних методів селекції дозволяє створювати високопродуктивні, стійкі та якісні сорти амаранту, які відповідають викликам сучасного сільського господарства.

У результаті досліджень українських науковців було визначено низку сортів амаранту, які демонструють високі показники врожайності, якості зерна та адаптивності до умов вирощування в Україні (табл. 1).

1. Порівняльна характеристика сортів амаранту за основними господарськими ознаками

Сорт	Висота рослин (см)	Вегетаційний період (днів)	Вміст білка (%)	Вміст олії (%)	Урожайність зерна (т/га)	Стійкість до вилягання (балів)	Стійкість до обсіпання (балів)
Харківський 1	160	120	24,9	8,0	5,0	9	9
Ультра	140	85	22,0	5,0	2,5	9	9
Студентський	125	125	18,6	4,0	3,0	9	9
Лера	200	110	20,6	9,0	4,0	9	8

Сорт амаранту Харківський 1 створено шляхом індивідуального добору з популяції *Amaranthus hypochondriacus* у Харківському національному аграрному університеті ім. В.В. Докучаєва (нині Державний біотехнологічний університет) під керівництвом доктора сільськогосподарських наук Тетяни Іванівни Гопцій [11]. З 2001 року сорт внесено до Державного реєстру сортів рослин України як лікарський [43].

Рослини цього сорту мають висоту до 160 см, зелене стебло та листя, а також компактну білу волоть до 60 см завдовжки. Насіння дрібне, біле, маса 1000 насінин становить 0,65 г, вміст олії — до 8%. Вегетаційний період триває близько 120 днів. Завдяки кореневій системі, яка сягає до 7 м у глибину, рослини характеризуються високою посухостійкістю [11,34].

Основну цінність сорту визначає високий вміст білка — до 24,9%, а також лізину — до 0,91% [23]. Крім того, зерно містить значну кількість незамінних амінокислот — треонін, триптофан, ізолейцин, що забезпечує високу харчову цінність сорту. За результатами досліджень, білок амаранту за амінокислотним складом наближається до ідеального [29].

Олія насіння Харківський 1 багата на сквален, токоферолі, фітостеролі та інші біологічно активні речовини. Ці компоненти зумовлюють її перспективність для застосування у фармацевтичній промисловості, зокрема для профілактики цукрового діабету другого типу та виразкової хвороби [43].

Сорт Ультра було створено в Харківському національному аграрному університеті ім. В.В. Докучаєва (нині ДБТУ) шляхом хімічного мутагенезу, що підтверджується в роботах українських вчених [12]. Він належить до виду *Amaranthus hybridus* і характеризується ранньостиглістю, з вегетаційним періодом 70–90 днів залежно від регіону вирощування [11].

Рослини сорту досягають висоти 120–150 см, мають світло-зелене стебло та листя. Суцвіття — жовто-коричнева волоть довжиною до 70 см. Насіння біле, дрібне, не схильне до обсіпання, що полегшує механізоване збирання врожаю [12].

Сорт стійкий до вилягання та обсіпання, що забезпечує стабільну врожайність. Він рекомендований для вирощування в різних агрокліматичних зонах України, включаючи Полісся, Лісостеп та Степ [12].

Вміст олії в насінні сорту Ультра становить до 8%, що робить його перспективним для використання в харчовій та фармацевтичній промисловості [12]. Зерно широко використовується для виробництва круп, борошна, макаронних виробів, а також у кондитерській промисловості.

Дослідження, проведені в Львівському національному університеті природокористування, показали, що сорт Ультра має висоту рослин 162 см, вагу однієї рослини 267 г, кількість рослин на м² — 18 шт., урожайність зеленої маси — 48 т/га [44, 45]. Ці показники свідчать про його ефективність як сидеральної культури.

Сорт Студентський є одним з перспективних сортів амаранту, який демонструє стабільну врожайність та адаптивність до умов вирощування в Україні. Дослідження показали, що цей сорт має високий вміст білка та інших поживних речовин, що робить його привабливим для подальшого використання у селекційних програмах [45]. Сорт було створено в Харківському національному аграрному університеті ім. В.В. Докучаєва шляхом індивідуального добору із зразка *Amaranthus hypochondriacus* K-1267 [12]. У 2009 році його було зареєстровано в Державному реєстрі сортів рослин України. Сорт належить до середньопізньої групи стиглості з вегетаційним періодом близько 125 днів.

Рослини досягають висоти до 125 см, мають руде стебло та зелене листя з рудими прожилками. Суцвіття — компактна руда волоть довжиною до 40 см. Насіння біле, маса 1000 насінин становить 0,8 г. Сорт характеризується високою стійкістю до вилягання та обсіпання (9 балів) [43].

За результатами досліджень, проведених на дослідному полі Державного біотехнологічного університету, сорт Студентський продемонстрував високий адаптивний потенціал та стабільну врожайність у східній частині Лівобережного Лісостепу України. Зокрема, вміст білка в насінні становить 18,6%, а врожайність насіння — до 30 ц/га [10].

Сорт рекомендований для вирощування в агрокліматичних зонах Полісся, Лісостепу та Степу України. Завдяки високому вмісту білка та стійкості до несприятливих умов, сорт Студентський є перспективним

для використання в харчовій та кормовій промисловості [12]. Сорт Лера було створено в Харківському національному аграрному університеті ім. В.В. Докучаєва (нині Державний біотехнологічний університет) шляхом індивідуального добору зразка *Amaranthus hypochondriacus* К-14. У 2002 році сорт було занесено до Державного реєстру сортів рослин України [12]. Рослини сорту Лера досягають висоти 170–220 см. Стебло зелене, листя зелене з червоними прожилками. Суцвіття — компактна червона волоть довжиною до 54 см. Насіння біле, маса 1000 насінин становить 0,7 г. Сорт характеризується високою стійкістю до вилягання та обсіпання [10].

Вегетаційний період становить 105–110 днів. Сорт має високу врожайність: насіння — до 4 т/га, зелена маса — до 150 т/га, також відзначається високим вмістом білка (до 24,9%), лізину (0,85–0,91%), та олії — 8–10% що робить його цінним для харчової промисловості [23]. Лера рекомендований для вирощування в агрокліматичних зонах Лісостепу, Полісся та Степу України [12] (рис. 1).

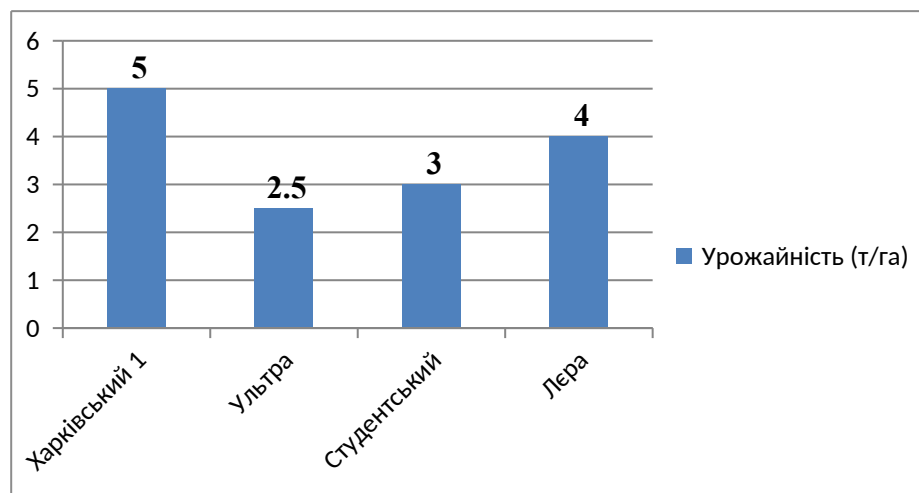


Рис. 1. Порівняння врожайності сортів амаранту української селекції [12]

На сьогодні в Україні переважають вітчизняні сорти амаранту, а іноземні займають лише близько 5% ринку. Проте деякі зарубіжні сорти мають значний потенціал для використання в селекційних програмах, спрямованих на підвищення врожайності, вмісту олії та адаптації до різних кліматичних умов.

Іноземні сорти амаранту становлять значний інтерес для селекційної науки в Україні, оскільки характеризуються різноманітністю морфологічних, біохімічних та агрономічних ознак, що можуть бути цінними при створенні нових високопродуктивних і адаптованих сортів. Зокрема, гібриди американської селекції *Amaranthus cruentus* та *Amaranthus hypochondriacus* відомі своєю високою врожайністю, а також високим вмістом олії та білка [40].

Дослідження показали, що сорти з Центральної та Південної Америки, особливо *Amaranthus caudatus*, мають вищу антиоксидантну активність, що пояснюється високим вмістом фенольних сполук, сквалену, токоферолів та флавоноїдів. Ці характеристики є надзвичайно важливими для розробки сортів з покращеною харчовою цінністю та стійкістю до біотичних стресів [26].

Залучення таких сортів до селекційного процесу в Україні дозволить не лише підвищити генетичну різноманітність, а й створити сорти, більш стійкі до кліматичних змін. Крім того, ці сорти демонструють високу адаптивність, що є вирішальним чинником для стабільного виробництва в умовах кліматичних коливань [26, 40].

Сорти амаранту, розглянуті в даному дослідженні – Харківський-1, Ультра, Студентський та Лера, мають суттєве значення як джерела цінних господарських ознак у селекції культури на продуктивність та якість зерна (рис. 2).

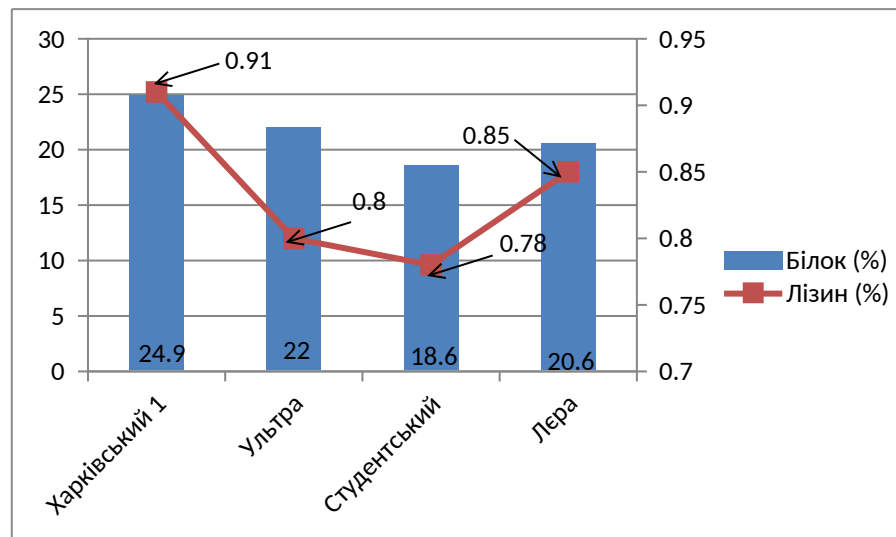


Рис. 2. Вміст білка та лізину в досліджуваних сортах [23, 24]

Кожен із них володіє специфічними перевагами, що дозволяють використовувати їх у якості батьківських форм або вихідного матеріалу у програмах гібридизації.

Сорт Харківський 1 є одним із найбільш вивчених і стабільних за агрономічними характеристиками. Його висока врожайність (до 5 т/га), вміст білка (до 24,9%) та лізину (до 0,91%) роблять його ідеальним донором для підвищення харчової цінності зерна в нових сортах [23].

Сорт Ультра має короткий вегетаційний період (80–95 днів), що забезпечує можливість вирощування культури в умовах короткого теплого періоду або як повторної культури. Він може бути використаний як джерело ранньостиглості та стійкості до вилягання [12].

Сорт Студентський відзначається стабільною врожайністю, високою адаптивністю до умов Лівобережного Лісостепу та помірним

вмістом білка. Його стійкість до абіотичних чинників та пластичність дозволяють використовувати його в селекції на стресостійкість [10, 12, 24].

Сорт Лера є перспективним джерелом ознак високої зеленої маси (до 150 т/га) та підвищеного вмісту олії (до 10%), що відкриває можливості для селекції на універсальні сорти — зерно-кормові та зерно-олійні [12].

Комбінування цінних ознак з вітчизняних сортів з адаптивністю іноземного генофонду, зокрема з сортів *Amaranthus caudatus* та *Amaranthus cruentus*, дозволяє створювати високопродуктивні, поживні та стійкі до кліматичних стресів сорти нового покоління [40].

Незважаючи на значний прогрес у селекції амаранту, зокрема у створенні вітчизняних сортів із високою врожайністю та харчовою цінністю, існують певні наукові прогалини, що стримують подальший розвиток цієї культури. Насамперед, це стосується обмеженої кількості досліджень із функціональної геноміки та браку доступних молекулярно-генетичних маркерів, які дозволили б прискорити процес створення нових сортів [28]. Хоча транскриптомні аналізи *Amaranthus hypochondriacus* вже ідентифікували низку генів, пов'язаних із біотичними й абіотичними стресами, цей напрям досі перебуває на ранній стадії розвитку.

Ще однією суттєвою прогалиною є обмежене вивчення впливу агротехнічних заходів на якість зерна амаранту та здатність різних сортів адаптуватися до змін клімату. Наукові дані щодо впливу густоти посіву, рівня мінерального живлення та зрошення на хімічний склад зерна є фрагментарними й не систематизованими [10].

Крім того, в Україні недостатньо розвинені колекції генетичних ресурсів амаранту, що знижує можливості селекційного відбору за ознаками стійкості, адаптивності та харчової цінності. Також, лише поодинокі дослідження присвячені оцінці впливу агротехнічних факторів, таких як режим зрошення, щільність посіву, застосування добрив, на хімічний склад зерна та адаптаційний потенціал нових сортів до умов глобальних змін клімату [10].

Для подальшого розвитку селекції амаранту необхідно розширити дослідження генетичного різноманіття, зокрема шляхом збору та збереження диких і культурних форм у спеціалізованих банках генетичних ресурсів. Це створить передумови для виявлення нових джерел ознак, таких як стійкість до посухи, вилягання, підвищена вміст білка чи олії.

Крім того, доцільно впроваджувати сучасні біотехнологічні підходи, зокрема технології точного редагування геному, такі як CRISPR/Cas9. Перші кроки в цьому напрямі зроблено завдяки розробці систем редагування на основі плазмід та тестуванню *in vitro*-регенерації

у *Amaranthus cruentus* [16]. Такі підходи відкривають нові перспективи у створенні сортів із заданими ознаками.

Паралельно з цим, необхідно проводити агротехнологічні дослідження з вивчення впливу основних елементів вирощування — густоти посіву, добрив, поливу — на фізіолого-біохімічні показники продукції. Це дозволить не лише підвищити продуктивність, а й адаптувати сорти до змін клімату та регіональних особливостей вирощування [10].

Ключовим напрямом має стати створення сортів з широкою екологічною пластичністю, здатністю забезпечувати стабільну врожайність за умов стресових факторів довкілля, а також підвищеним вмістом функціональних компонентів для харчової і фармацевтичної промисловості. Такий інтегрований підхід дозволить Україні посісти конкурентну нішу у вирощуванні та переробці амаранту як стратегічної нішевої культури.

Таким чином, подальший розвиток селекції амаранту має базуватись на інтеграції класичних та молекулярно-біотехнологічних підходів у поєднанні з агроекологічним моніторингом для забезпечення продовольчої безпеки України.

Висновки. На основі проведеного аналізу встановлено, що амарант є надзвичайно перспективною культурою для селекційного вдосконалення в умовах України завдяки високій адаптивності, поживній цінності зерна та стійкості до абіотичних стресів. Результати досліджень доводять, що українські сорти, зокрема Харківський 1, Ультра, Студентський та Лера, мають значний потенціал для подальшого використання як вихідний матеріал у селекції. Водночас інтеграція іноземних сортів з високим вмістом біоактивних речовин і генетичним різноманіттям розширює селекційні можливості. Впровадження біотехнологічних методів, зокрема CRISPR/Cas-редагування, та системна агротехнічна оптимізація сприятимуть створенню нових, високопродуктивних сортів амаранту, придатних до умов змін клімату. Таким чином, селекція амаранту в Україні має науково обґрунтовану перспективу та практичне значення для забезпечення продовольчої безпеки України.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Abebe, T., & Feyissa, T. Multivariate analysis for yield and yield-related traits of amaranth (*Amaranthus* spp.) genotypes in Ethiopia. *Heliyon*, 9(1), 2023.
2. AgroPortal.ua.URL: <https://agroportal.ua/news/rastenievodstvo/vukrajini-nalichuyetsya-19-sortiv-amarantu-ale-siyut-perevazhno-tri>

3. Ahmad, A.T., Bello, I.U., Jibril, S.M., Kolawole, O.S., Ogah, J.J., & Daniel, S. Comparative evaluation of the effects of organic and inorganic fertilizers on the vegetative growth of spleen amaranth (*Amaranthus dubius* L). *Journal of Applied Sciences and Environmental Management*, 23(2), 2019. P: 243–247.
4. Anuradha, M., Kumari, M., Zinta, G., et al. Genetic resources and breeding approaches for improvement of amaranth. *Frontiers in Nutrition*, 10. 2023.
5. Ayodele, V.I. Influence of nitrogen fertilisation on yield of *Amaranthus* species. *Acta Horticulturae*, 571, 2002. P:89–94. Doi:10.17660.2002.571.9
6. Bergholz A., Stetter M.G., Schmid K.J. Breeding Amaranth for Biomass: Evaluating Dry Matter Content and Biomass Potential. *Agronomy*, 11(5), 2021. Doi:10.3390/11050970
7. Bressani, R., Gonzalez, J.M., Elias, L.G., & Melgar, M. (1987). Effect of fertilizer application on the yield, protein and fat content, and protein quality of raw and cooked grain of three amaranth species. *Plant Foods for Human Nutrition*, 37, 59–67.
8. Gelotar M.J., Dharajiya D.T., Solanki S.D. et al. (2019). Genetic diversity analysis and molecular characterization of grain amaranth genotypes using ISSR markers. *Bull Natl Res Cent*, 43:103. <https://doi.org/10.1186/s42269-019-0146-2>
9. Hoptsii T.I. (2004). *Ahroekolohichni i ahrotekhnichni osnovy vvedennia amarantu v kulturu v Livoberezhnomu Lisostepu Ukrainy* (Avtoreferat dys. d-ra s.-h. nauk). Kyiv: Instytut tsukrovykh buriakiv UAAAN [in Ukrainian].
10. Hoptsii T.I., Lymanska S.V., Hudym O.V. (2021). Perspektyvy vyroshchuvannia amarantu yak nishevoi kultury u skhidnii chastyni Livoberezhnoho Lisostepu Ukrainy. *Visnyk Umanskoho natsionalnoho universytetu sadivnytstva*, 1, 3–9.[in Ukrainian]
11. Hoptsii T.I., Lymanska S.V., Hudym O.V. (2022). Hospodarska tsinnist zerna amarantu ta perspektyvy yoho vyroshchuvannia u skhidnii chastyni lisostepu Ukrainy. *Materialy VI Mizhnar. nauk.-prakt. konf.*, Kharkiv, s. 81–83[in Ukrainian].
12. Hoptsii T.I., Voronkov M.F., Bobro M.A. ta in. (2018). *Amarant: selektsiia, henerika ta perspektyvy vyroshchuvannia*. Kharkiv: KhNAU. 362 s[in Ukrainian].
13. Hudkovska N.B., & Hoptsii T.I. (2018). Urozhainist zerna amaranta zalezno vid strokiv ta sposobiv sivby v umovakh Livoberezhnoho Lisostepu Ukrainy. *Visnyk KhNAU. Serii: Roslynnnytstvo, selektsiia i nasinnitstvo, plodoovochivnytstvo i zberihannia*, (2), 112–124[in Ukrainian].

14. Instytut silskoho hospodarstva stepovoi zony NAAN Ukrainy. (2023). Doslidzhennia fiziologobiohimichnykh mekhanizmiv stiikosti amarantu do abiotychnykh stresiv. Naukovi pratsi Instytutu silskoho hospodarstva stepovoi zony NAAN Ukrainy, 3(1), 45–52[in Ukrainian].
15. Joshi, D. C., Sood, S., & Kumar, A. (2018). From zero to hero: the past, present and future of grain amaranth breeding. *Theoretical and Applied Genetics*, 131(9), 1807–1823.
16. Joshi, D. C., Subedi, U., Bajracharya, J., & Baniya, B. (2023). In vitro regeneration and CRISPR/Cas9-mediated genome editing in grain amaranth (*Amaranthus cruentus* L.).
17. Kandel, D. R., & Shrestha, J. (2021). Evaluation and identification of stable and high yielding genotypes for grain amaranth (*Amaranthus* spp.) in Nepal. *Journal of Agriculture and Food Research*, 3, 100060.
18. Kumar A., Sharma S., Mishra A. et al. (2023). Genetic resources and breeding approaches for improvement of amaranth and quinoa. *Frontiers in Nutrition*, 10:1129723. <https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1129723>
19. Kumar, V., Shukla, V., & Yadav, S. (2023). Genomic and transcriptomic resources for *Amaranthus*: A path forward for crop improvement. *Frontiers in Plant Science*, 14, 1180964.
20. Kumawat, G., Singh, R. K., & Solanki, R. S. (2021). Genetic resources and breeding approaches for improvement of amaranth (*Amaranthus* spp.) and quinoa (*Chenopodium quinoa*). *Frontiers in Nutrition*, 8, 1129723.
21. Kunene, E.N., Masarirambi, M.T., Gadaga, T.H., Dlamini, P.S., Ngwenya, M.P., & Vilane, V.S. (2019). Effects of organic and inorganic fertilisers on the growth and yield of amaranth (*Amaranthus hybridus*). *Acta Horticulturae*, 1238, 31–38. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2019.1238.4>
22. Liu, S., Zhang, Z., Li, Z. (2024). Amaranth's Growth and Physiological Responses to Salt Stress and the Functional Analysis of AtrTCP1 Gene. *International Journal of Molecular Sciences*, 25(10), 5437. <https://doi.org/10.3390/ijms25105437>
23. Liubych V.V., Manzi O.P., Voitovska V.I., Klymovych N.M. (2023). Fyzyko-khimichni vlastyvoli zerna amarantu zalezho vid sortu ta volohosti. *Novitni ahrotekhnolohii*, 11(1). DOI: 10.47414/na.11.1.2023.275736 [in Ukrainian].
24. Lymanska S.V. (2013). Diferentsiatsiia kolektsii zernovykh vydiv amarantu za morfolohichnymy, biokhimichnymy i molekuliarno-henetychnymy oznakamy [in Ukrainian].

25. Martínez, E. J., & Pérez, M. A. (2014). Evaluation of the nutritional quality of the grain protein of new amaranth varieties. *Plant Foods for Human Nutrition*, 69(3), 233–239.
26. Martínez-López, M. et al. (2023). Bioactive compounds and antioxidant activity of *Amaranthus caudatus*. *Foods*, 12(1), 78.
27. Matshona, L.E., Ayodele, V.I., & Kutu, F.R. (2018). Marketable yield and nutritional composition of amaranths in response to fertiliser. *Acta Horticulturae*, 1225, 97–104. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2018.1225.11>
28. Moghe, G. D., Hufnagel, D. E., Tang, H., Xiao, Y., Dweikat, I., & Kochian, L. V. et al. (2011). The transcriptome of the stress-tolerant crop species *Amaranthus hypochondriacus* provides insights into tissue-specific gene expression and gene evolution. *BMC Genomics*, 12, 363.
29. Morozova I.Iu., Kravchenko A.O., Shevchenko T.A. (2022). Ahromichna otsinka sortiv amarantu v umovakh pivnichnoho Lisostepu. *Naukovyi visnyk NUBiP Ukrainy, Serii Ahronomiia*, № 325 [in Ukrainian].
30. Nguyen D.C., Le H.T.T., Do T.H., Tran T.D. (2019). Genetic diversity of leafy amaranth (*Amaranthus tricolor* L.) resources in Vietnam. *Breeding Science*, 69(4):640–650. <https://doi.org/10.1270/jsbbs.19050>
31. Ochieng, J., Masso, C., & Vanlauwe, B. (2021). Enhancing farmer-participatory plant breeding for sustainable crop improvement. *Sustainability*, 13(21), 11962.
32. Olagunju, F. I., & Akinyemi, O. (2017). Nutritional evaluation of five species of grain amaranth – An underutilized crop. *International Journal of Sciences*, 6(1), 18–27.
33. Palmeros-Suárez, P.A., Massange-Sánchez, J.A., Sánchez-Segura, L., Martínez-Gallardo, N.A., Espitia Rangel, E., Gómez-Leyva, J.F., Délano-Frier, J.P. (2017). AhDGR2, an amaranth abiotic stress-induced DUF642 protein gene, modifies cell wall structure and composition and causes salt and ABA hyper-sensibility in transgenic *Arabidopsis*. *Planta*, 245(3), 623–640. <https://doi.org/10.1007/s00425-016-2635-y>
34. Patel, R. K., & Sharma, S. (2023). Yield, economics and quality of grain amaranth (*Amaranthus hypochondriacus* L.) influenced by integrated weed management. *Environment and Ecology*, 41(1), 123–128.
35. Pulvento, C., Sellami, M.H., Lavini, A. (2021). Yield and quality of *Amaranthus hypochondriacus* grain amaranth under drought and salinity at various phenological stages in southern Italy. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 101(5), 1920–1930. <https://doi.org/10.1002/jsfa.11088>

36. Rozumni Idei. (2025). Biotekhnolohichni metody selektsii. URL: <https://rozumni-ideyi.com/posts/view/biotekhnolohichni-metody-selektsii> [in Ukrainian]
37. Sarker U., Islam M.T., Oba S. (2019). Phenotypic variability, correlation and path analysis in vegetable amaranth. *Genet Mol Res*, 18(2):gmr18320.
38. Sarker U., Islam M.T., Oba S. (2020). Variability, heritability and genetic association in *Amaranthus tricolor* L. *Genet Mol Res*, 19(1):gmr18386.
39. Sarker U., Islam M.T., Rabbani M.G., Oba S. (2018). Genotypic variability and interrelationship among yield traits in vegetable amaranth. *Plant Breeding and Biotechnology*, 6(2):173–181. <https://doi.org/10.9787/PBB.2018.6.2.173>
40. Silva-Sánchez, C. et al. (2023). Nutritional and functional properties of *Amaranthus* spp.: A review. *Plants*, 12(13)
41. Stetter M.G., Müller T., Schmid K.J. (2018). From zero to hero: the past, present and future of grain amaranth breeding. *Frontiers in Plant Science*, 9:1074. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01074>
42. Stetter, M. G., Müller, T., & Schmid, K. J. (2018). Crossing methods and cultivation conditions for rapid production of segregating populations in three grain amaranth species. *Frontiers in Plant Science*, 9, 816.
43. SuperAgronom. (2023). Харківський 1 – найпопулярніший сорт амаранту в Україні. <https://superagronom.com/news/15308-naypopulyarnishim-sortom-amarantu-v-ukrayini-ye-harkivskiy-1--ekspert> [in Ukrainian]
44. Tyrus, M. (2022). Productivity of amaranth grain depending on the variety and levels of fertilizer. *Bulletin of Lviv National Environmental University. Series Agronomy*, (26), 77–80 [in Ukrainian].
45. Tyrus, M., & Lykhochvor, V. (2021). Yield of *Amaranthus* depending on the cultivar in the conditions of Ukrainian Western Forest-Steppe. *Scientific Horizons*, 24(10), 43–51 [in Ukrainian].
46. Tyrus, M., Lykhochvor, V., & Hnativ, P. (2023). Amaranth: a multi-purpose crop for war-torn land. *International Journal of Environmental Studies*, 80(2), 497–506 [in Ukrainian].
47. Valentiuk, N. O. (2019). Improvement of the technology of post-harvest processing and storage of amaranth grain [Thesis]. Odessa National Academy of Food Technologies [in Ukrainian].
48. Yatsenko, V. V., Yatsenko, N. V., Rogalskyi, S. V., Sichkar, A. O., & Novak, Y. V. (2023). Formation of productivity of amaranth varieties in the Right Bank Forest Steppe of Ukraine under the influence of MaxiMarin absorbent. *Plant Varieties Studying and Protection*, 19(4) [in Ukrainian].

REFERENCES

1. Abebe, T., & Feyissa, T. (2023). Multivariate analysis for yield and yield-related traits of amaranth (*Amaranthus spp.*) genotypes in Ethiopia. *Heliyon*, 9(1). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e12345>
2. AgroPortal.ua. (n.d.). В Україні налічується 19 сортів амаранту, але сіють переважно три. *AgroPortal.ua*. <https://agroportal.ua/news/rastenievodstvo/vukrajini-nalichuyetsya-19-sortiv-amarantu-ale-siyut-perevazhno-tri>
3. Ahmad, A. T., Bello, I. U., Jibril, S. M., Kolawole, O. S., Ogah, J. J., & Daniel, S. (2019). Comparative evaluation of the effects of organic and inorganic fertilizers on the vegetative growth of spleen amaranth (*Amaranthus dubius* L). *Journal of Applied Sciences and Environmental Management*, 23(2), 243–247.
4. Anuradha, M., Kumari, M., Zinta, G., et al. (2023). Genetic resources and breeding approaches for improvement of amaranth. *Frontiers in Nutrition*, 10. <https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1234567>
5. Ayodele, V. I. (2002). Influence of nitrogen fertilisation on yield of *Amaranthus* species. *Acta Horticulturae*, 571, 89–94. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2002.571.9>
6. , A., Stetter, M. G., & Schmid, K. J. (2021). Breeding amaranth for biomass: Evaluating dry matter content and biomass potential. *Agronomy*, 11(5), 970. <https://doi.org/10.3390/agronomy11050970>
7. Bressani, R., Gonzalez, J. M., Elias, L. G., & Melgar, M. (1987). Effect of fertilizer application on the yield, protein and fat content, and protein quality of raw and cooked grain of three amaranth species. *Plant Foods for Human Nutrition*, 37, 59–67. <https://doi.org/10.1007/BF01092390>
8. Gelotar, M. J., Dharajiya, D. T., Solanki, S. D., et al. (2019). Genetic diversity analysis and molecular characterization of grain amaranth genotypes using ISSR markers. *Bulletin of the National Research Centre*, 43, 103. <https://doi.org/10.1186/s42269-019-0146-2>
9. Hoptsii, T. I. (2004). *Ahroekolohichni i ahrotekhnichni osnovy vvedennia amarantu v kulturu v Livoberezhnomu Lisostepu Ukrainy* (Doctoral dissertation abstract). Kyiv: Instytut tsukrovykh buriakiv UAAN. [in Ukrainian]
10. Hoptsii, T. I., Lymanska, S. V., & Hudym, O. V. (2021). Perspektyvy vyroshchuvannia amarantu yak nishvoi kultury u skhidnii chastyni Livoberezhnoho Lisostepu Ukrainy. *Visnyk Umanskoho natsionalnoho universytetu sadivnytstva*, 1, 3–9. [in Ukrainian]
11. Hoptsii, T. I., Lymanska, S. V., & Hudym, O. V. (2022). Hospodarska tsinnist zerna amarantu ta perspektyvy yoho vyroshchuvannia u skhidnii chastyni lisostepu Ukrainy. In *Proceedings of the VI International Scientific-Practical Conference* (pp. 81–83). Kharkiv. [in Ukrainian]

12. Hoptsii, T. I., Voronkov, M. F., Bobro, M. A., et al. (2018). *Amarant: selektsiia, henerika ta perspektyvy vyroshchuvannia*. Kharkiv: KhNAU. [in Ukrainian]
13. Hudkovska, N. B., & Hoptsii, T. I. (2018). Urozhainist zerna amaranta zalezno vid strokiv ta sposobiv sivby v umovakh Livoberezhnoho Lisostepu Ukrainy. *Visnyk KhNAU. Serii: Roslynnnytstvo, selektsiia i nasinnitstvo, plodoovochivnytstvo i zberihannia*, (2), 112–124. [in Ukrainian]
14. Instytut silskoho hospodarstva stepovoi zony NAAN Ukrainy. (2023). Doslidzhennia fiziologobiokhimichnykh mekhanizmiv stiikosti amarantu do abiotychnykh stresiv. *Naukovi pratsi Instytutu silskoho hospodarstva stepovoi zony NAAN Ukrainy*, 3(1), 45–52. [in Ukrainian]
15. Joshi, D. C., Sood, S., & Kumar, A. (2018). From zero to hero: The past, present and future of grain amaranth breeding. *Theoretical and Applied Genetics*, 131(9), 1807–1823. <https://doi.org/10.1007/s00122-018-3120-7>.
16. Joshi, D. C., Subedi, U., Bajracharya, J., & Baniya, B. (2023). *In vitro* regeneration and CRISPR/Cas9-mediated genome editing in grain amaranth (*Amaranthus cruentus* L.).
17. Kandel, D. R., & Shrestha, J. (2021). Evaluation and identification of stable and high yielding genotypes for grain amaranth (*Amaranthus spp.*) in Nepal. *Journal of Agriculture and Food Research*, 3, 100060. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2021.10006>
18. Kumar, A., Sharma, S., Mishra, A., et al. (2023). Genetic resources and breeding approaches for improvement of amaranth and quinoa. *Frontiers in Nutrition*, 10, 1129723. <https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1129723>
19. Kumar, V., Shukla, V., & Yadav, S. (2023). Genomic and transcriptomic resources for *Amaranthus*: A path forward for crop improvement. *Frontiers in Plant Science*, 14, 1180964. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1180964>
20. Kumawat, G., Singh, R. K., & Solanki, R. S. (2021). Genetic resources and breeding approaches for improvement of amaranth (*Amaranthus spp.*) and quinoa (*Chenopodium quinoa*). *Frontiers in Nutrition*, 8, 1129723. <https://doi.org/10.3389/fnut.2021.1129723>
21. Kunene, E. N., Masarirambi, M. T., Gadaga, T. H., Dlamini, P. S., Ngwenya, M. P., & Vilane, V. S. (2019). Effects of organic and inorganic fertilisers on the growth and yield of amaranth (*Amaranthus hybridus*). *Acta Horticulturae*, 1238, 31–38. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2019.1238.4>
22. Liu, S., Zhang, Z., & Li, Z. (2024). Amaranth's growth and physiological responses to salt stress and the functional analysis of AtrTCP1

gene. *International Journal of Molecular Sciences*, 25(10), 5437. <https://doi.org/10.3390/ijms25105437>

23. Liubych, V. V., Manzii, O. P., Voitovska, V. I., & Klymovych, N. M. (2023). Fyzyko-khimichni vlastyvyosti zerna amarantu zalezno vid sortu ta volohosti. *Novitni ahrotekhnolohii*, 11(1). <https://doi.org/10.47414/na.11.1.2023.275736> [in Ukrainian]

24. Lymanska, S. V. (2013). *Diferentsiatsiia kolektsii zernovykh vydiv amarantu za morfolohichnymy, biokhimichnymy i molekuliarno-henetychnymy oznakamy*. [Manuscript, [інституція не вказана]] [in Ukrainian]

25. Martínez, E. J., & Pérez, M. A. (2014). Evaluation of the nutritional quality of the grain protein of new amaranth varieties. *Plant Foods for Human Nutrition*, 69(3), 233–239. <https://doi.org/10.1007/s11130-014-0424-6>

26. Martínez-López, M., et al. (2023). Bioactive compounds and antioxidant activity of *Amaranthus caudatus*. *Foods*, 12(1), 78. <https://doi.org/10.3390/foods12010078>

27. Matshona, L. E., Ayodele, V. I., & Kutu, F. R. (2018). Marketable yield and nutritional composition of amaranths in response to fertiliser. *Acta Horticulturae*, 1225, 97–104. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2018.1225.11>

28. Moghe, G. D., Hufnagel, D. E., Tang, H., Xiao, Y., Dweikat, I., Kochian, L. V., et al. (2011). The transcriptome of the stress-tolerant crop species *Amaranthus hypochondriacus* provides insights into tissue-specific gene expression and gene evolution. *BMC Genomics*, 12, 363. <https://doi.org/10.1186/1471-2164-12-363>

29. Morozova, I. Iu., Kravchenko, A. O., & Shevchenko, T. A. (2022). Ahromichna otsinka sortiv amarantu v umovakh pivnichnoho Lisostepu. Naukovyi visnyk NUBiP Ukrainy. Serii Ahronomiia, (325). [in Ukrainian]

30. Nguyen, D. C., Le, H. T. T., Do, T. H., & Tran, T. D. (2019). Genetic diversity of leafy amaranth (*Amaranthus tricolor* L.) resources in Vietnam. *Breeding Science*, 69(4), 640–650. <https://doi.org/10.1270/jsbbs.19050>

31. Ochieng, J., Masso, C., & Vanlauwe, B. (2021). Enhancing farmer-participatory plant breeding for sustainable crop improvement. *Sustainability*, 13(21), 11962. <https://doi.org/10.3390/su132111962>

32. Olagunju, F. I., & Akinyemi, O. (2017). Nutritional evaluation of five species of grain amaranth – An underutilized crop. *International Journal of Sciences*, 6(1), 18–27.

33. Palmeros-Suárez, P. A., Massange-Sánchez, J. A., Sánchez-Segura, L., Martínez-Gallardo, N. A., Espitia Rangel, E., Gómez-Leyva, J. F., & Délano-Frier, J. P. (2017). AhDGR2, an amaranth abiotic stress-

induced DUF642 protein gene, modifies cell wall structure and composition and causes salt and ABA hyper-sensibility in transgenic Arabidopsis. *Planta*, 245(3), 623–640. <https://doi.org/10.1007/s00425-016-2635-y>

34. Patel, R. K., & Sharma, S. (2023). Yield, economics and quality of grain amaranth (*Amaranthus hypochondriacus* L.) influenced by integrated weed management. *Environment and Ecology*, 41(1), 123–128.

35. Pulvento, C., Sellami, M. H., & Lavini, A. (2021). Yield and quality of *Amaranthus hypochondriacus* grain amaranth under drought and salinity at various phenological stages in southern Italy. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 101(5), 1920–1930. <https://doi.org/10.1002/jsfa.11088>

36. Rozumni Idei. (2025). Biotekhnolohichni metody selektsii. <https://rozumni-ideyi.com/posts/view/biotekhnolohichni-metody-selektsii> [in Ukrainian]

37. Sarker, U., Islam, M. T., & Oba, S. (2019). Phenotypic variability, correlation and path analysis in vegetable amaranth. *Genetics and Molecular Research*, 18(2), gmr18320. <https://doi.org/10.4238/gmr18320>

38. Sarker, U., Islam, M. T., & Oba, S. (2020). Variability, heritability and genetic association in *Amaranthus tricolor* L. *Genetics and Molecular Research*, 19(1), gmr18386. <https://doi.org/10.4238/gmr18386>

39. Sarker, U., Islam, M. T., Rabbani, M. G., & Oba, S. (2018). Genotypic variability and interrelationship among yield traits in vegetable amaranth. *Plant Breeding and Biotechnology*, 6(2), 173–181. <https://doi.org/10.9787/PBB.2018.6.2.173>

40. Silva-Sánchez, C., et al. (2023). Nutritional and functional properties of *Amaranthus* spp.: A review. *Plants*, 12(13), <https://doi.org/10.3390/plants12132578>

41. Stetter, M. G., Müller, T., & Schmid, K. J. (2018). From zero to hero: The past, present and future of grain amaranth breeding. *Frontiers in Plant Science*, 9, 1074. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01074>

42. Stetter, M. G., Müller, T., & Schmid, K. J. (2018). Crossing methods and cultivation conditions for rapid production of segregating populations in three grain amaranth species. *Frontiers in Plant Science*, 9, 816. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00816>

43. SuperAgronom. (2023). Харківський 1 – найпопулярніший сорт амаранту в Україні. <https://superagronom.com/news/15308-naypopulyarnishim-sortom-amarantu-v-ukrayini-ye-harkivskiy-1--ekspert> [in Ukrainian]

44. Tyrus, M. (2022). Productivity of amaranth grain depending on the variety and levels of fertilizer. *Bulletin of Lviv National Environmental University. Series Agronomy*, (26), 77–80. [in Ukrainian]

45. Tyrus, M., & Lykhochvor, V. (2021). Yield of *Amaranthus* depending on the cultivar in the conditions of Ukrainian Western Forest-Steppe. *Scientific Horizons*, 24(10), 43–51. [in Ukrainian]
46. Tyrus, M., Lykhochvor, V., & Hnativ, P. (2023). Amaranth: A multi-purpose crop for war-torn land. *International Journal of Environmental Studies*, 80(2), 497–506. [in Ukrainian]
47. Valentiuk, N. O. (2019). Improvement of the technology of post-harvest processing and storage of amaranth grain [Thesis]. Odessa National Academy of Food Technologies. [in Ukrainian]
48. Yatsenko, V. V., Yatsenko, N. V., Rogalskyi, S. V., Sichkar, A. O., & Novak, Y. V. (2023). Formation of productivity of amaranth varieties in the Right Bank Forest Steppe of Ukraine under the influence of MaxiMarin absorbent. *Plant Varieties Studying and Protection*, 19(4). [in Ukrainian]

V. Antonenko, PhD Student
State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine

Breeding improvement of amaranth

The article highlights modern approaches to the breeding improvement of amaranth (*Amaranthus spp.*) as a promising niche crop capable of ensuring food and functional security under global climate change conditions. It provides an analysis of morphological, biochemical, and genetic traits of breeding value, including protein, lysine, and squalene content, as well as indicators of yield, adaptability, and resistance to abiotic stresses. The prospects for using biotechnological methods, such as marker-assisted selection, genome editing (CRISPR/Cas9), and the integration of foreign germplasm to enhance adaptability and nutritional value of new varieties, are discussed. The results of field studies and a comparative assessment of varieties based on agronomic indicators are presented. Emphasis is placed on the need for further development of genetic resources, molecular breeding, and agronomic support for amaranth cultivation in various agro-climatic zones of Ukraine. Strategies are proposed for combining traditional and modern breeding methods to develop high-yielding, stress-resistant, and nutritionally valuable amaranth varieties capable of effectively responding to the challenges of modern agriculture.

Keywords: amaranth, breeding, productivity, abiotic stresses, genetic resources, varietal diversity, biotechnology, adaptability.

ТЕХНОЛОГІЇ ЗБЕРІГАННЯ ПРОДУКЦІЇ

УДК 631.53: 635.646

DOI 10.5281/zenodo.18493161

Л.М. Пузік, доктор с.-г. наук, професор
В.К. Пузік, доктор с.-г. наук, професор
Державний біотехнологічний університет, Харків, Україна

МІЖНАРОДНИЙ ДОСВІД СКОРОЧЕННЯ ВТРАТ ПЛОДОООВОЧЕВОЇ ПРОДУКЦІЇ

Наведено результати аналізу поточного стану післязбиральних обробок і нових технологій, які можна використовувати для підтримки якості й скорочення втрат свіжої продукції.

Аналіз сучасної вітчизняної й зарубіжної наукової та патентної літератури свідчить про те, що для збереження якості свіжої продукції з високою поживною цінністю і відповідністю стандартам безпеки свіжих овочів та плодів можуть застосовуватися різні післязбиральні фізичні, хімічні та газові обробки. Ці післязбиральні обробки, зазвичай, поєднуються з належним регулюванням температури зберігання.

Результати. Основні переваги використання покриттів ґрунтуються на таких властивостях, як вартість, доступність, функціональність, механічні властивості, оптичні властивості, стійкість до ураження мікроорганізмами і сенсорна прийнятність. Їх використовують у поєднанні з біоактивними сполуками, які надають плодам та овочам додаткових функцій, зменшення втрати маси і збереження якості і подовжують термін зберігання. Принцип полягає в зменшенні дихання, затримці післязбирального дозрівання свіжих фруктів і овочів і запобіганні розмноженню мікроорганізмів. Технологічний прогрес сприяв розробці найсучаснішого обладнання для збереження свіжих продуктів, такого як модифікована атмосфера, контрольована атмосфера, вакуумне пакування, холодна плазма, заморожування та охолодження. Однак висока вартість і значні енергетичні потреби цих передових технологій роблять їх недоступними для дрібних виробників у країнах, що розвиваються. Вони також не вигідні для продавців і, безумовно, вплинуть на фінансові портфелі домогосподарств. Знаючи, що в сучасному світі екологічно чисті та енергоефективні технології залучають клієнтів, ми пропонуємо підходи та методи, які прості у застосуванні, доступні та енергоефективні, і які приносять користь дрібним власникам, роздрібним торговцям і споживачам.

Ключові слова: післязбиральна обробка, хітозан, мелатонін, їстівні покриття.

Вступ. Свіжі фрукти та овочі є живими продуктами, з високою харчовою цінністю та користю для здоров'я [1]. За фізіологічними нормами мінімум 400 г фруктів і овочів на день рекомендується для профілактики хронічних захворювань [2, 3]. Проте 40% свіжих фруктів і овочів втрачається через високий вміст вологи, транспірацію та

дихання, фізичні пошкодження та ріст мікробів [4]. Порівнюючи з іншими харчовими продуктами плодовоовочева продукція має найвищий рівень харчових втрат і відходів [5, 6]. Втрати та відходи після збору врожаю є серйозною проблемою для країн будь-якого рівня розвитку. За рахунок фізіологічних процесів, які супроводжуються втратами протягом усього післязбирального етапу, від збору до транспортування, зберігання, роздрібної торгівлі, втрати мають різну величину [7]. Порушення технології післязбиральної обробки або окремих елементів технології може призвести до значних післязбиральних втрат у великому масштабі [8]. Дослідженнями встановлено, що недостатня обробка після збору врожаю є причиною понад 40% втрат і відходів у країнах, що розвиваються, таких як країни Південної Азії [9] і країни Африки на південь від Сахари [10], тоді як у розвинених країнах, таких як Сполучені Штати, оцінюється приблизно в 12% [11]. Відсутність плодосховищ з регульованим температурним режимом зумовлює 42% втрати маси свіжих апельсинів у долині Рутісу (Зімбабве) [12], а 40% помідорів втрачається в Нігерії через неправильну обробку після збору врожаю [7].

Необхідно звернути увагу на те, що природні втрати відбуваються на всіх етапах просування від поля до споживача за рахунок фізіологічних процесів продуктового органу. Відходи (абсолютний брак) є погіршенням якості продукту уражені мікроорганізмами та шкідниками протягом тривалого періоду зберігання [13].

У дослідженнях, що проведені Buzby J.C. [14], Mattsson [15], встановлено, що рівень харчових відходів у розвинутих країнах є вищим порівняно з країнами, що розвиваються. Природні втрати навпаки, через відсутність технології збирання, упаковки, транспортування та зберігання продукції – більші в країнах, що розвиваються. Як доказ, в Сполучених Штатах відходи фруктів і овочів роздрібної торгівлі та споживачів становлять приблизно 28% і 30% відповідно [14], тоді як природні втрати маси 12% [11]. За даними, Mattsson, William і Berghel [15] високі втрати фруктів і овочів 29 % і 34% від загальної маси продуктів, спостерігаються в роздрібній торгівлі в Швеції та Італії відповідно. Високі втрати фруктів та овочів 53% від загальної грошової вартості харчових відходів в Австрії [16].

Ці втрати позбавляють населення значної кількості здорової їжі та становлять проблеми продовольчої безпеки, екологічні, економічні та соціальні проблеми. Щоб вирішити цю проблему, дрібні власники, роздрібні торговці та споживачі повинні отримати доступ до недорогої технології консервування харчових продуктів, яка має потенціал для зменшення втрат фруктів та овочів на кожному етапі виробничого процесу. Це може допомогти зменшити бідність і зробити свіжу їжу

більш доступною для людей у всьому світі.

Таким чином, мета даної роботи є висвітлення інноваційних та недорогих технологій після збору врожаю, які можуть використовуватися дрібними фермерами на фермах, роздрібними продавцями в супермаркетах і ресторанах, а також споживачами вдома, щоб обмежити псування свіжого врожаю під час післязбирального зберігання.

Матеріали і методи. У дослідженні використані загальнонаукові і спеціальні методи – аналізу та теоретичного узагальнення. Інформаційною базою дослідження виступають роботи закордонних та вітчизняних вчених

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз сучасної вітчизняної й зарубіжної наукової та патентної літератури свідчить про те, що для збереження якості свіжої продукції з високою поживною цінністю і відповідністю стандартам безпеки свіжих овочів та плодів можуть застосовуватися різні післязбиральні фізичні, хімічні та газові обробки. Ці післязбиральні обробки, зазвичай, поєднуються з належним регулюванням температури зберігання.

Основною причиною псування плодовоовочевої продукції є інфекційні хвороби. На сьогодні ведеться пошук способів зберігання, що гальмують розвиток збудників. Для подовження терміну зберігання використовують перед і післязбиральну обробку речовинами антимікробної дії, алое-вера покриття, 1-метилциклопропен, а останнім часом – хітозан. Тому вирішення проблеми підвищення якості плодів із застосуванням нових технологій є актуальним питанням [17].

Із застосуванням холодильного зберігання, плівки є ефективними для продовження терміну зберігання. Обробку речовинами на основі хітозану використовують як до так і після збору врожаю [18].

Хітозан – амінополісахарид, являє собою біополімер, що володіє антибактеріальними властивостями та широко застосовується у харчовій промисловості для боротьби з хворобами, які розвиваються після збирання і під час зберігання плодової продукції [18–21].

Хітозан виготовляють хімічним методом з панцерів ракоподібних шляхом деацетилювання хітину. Складається він переважно із глюкозаміна або 2-аміно-2-дезоксид-Д-глюкози, пов'язаної разом β (1-4) глікозидними зв'язками. Хітозан поділяється на: медичний, харчовий, кормовий і технічний [22, 23]. Завдяки своїй біосумісності хітозан добре поєднується з різними речовинами та має позитивний вплив на якість сільськогосподарської продукції [24].

За словами М.А. Ibrahim, хітозан добре поєднується з ефірними оліями лемонграсу та чебрецю. Плівки з цими ефірними оліями визнали ефективними для покращення якості ягід суниці та продовження терміну зберігання до 15 діб [25]. Hernandez-Munoz стверджує, що

додавання CaGlu до 1% розчину хітозану дає змогу підвищити поживну цінність суниці за рахунок збільшення вмісту кальцію в плодах [26]. Ефективною технологією збереження якості суниці за обробки ягід розчином хітозану з ефірною олією кориці та водним екстрактом калини встановлено, що при використанні такої обробки ягоди можливо зберегти протягом 17 діб за температури 5 °C [27].

У 2019 році бразильські вчені довели ефективність обробки ягід хітозаном розчиненим в оцтовій кислоті. Вони дослідили, що такі покриття здатні сповільнювати обмін речовин та затримувати втрату маси, сухих розчинних речовин, цукрів та аскорбінової кислоти [28]. Ягоди покриті 1% та 2% розчином хітозану затримували розпад поліфенолів, антоціану та флавоноїдів. Крім того, хітозанові плівки посилювали активність деяких ферментів, запобігаючи розм'якшенню тканин суниці та зменшенню пошкодження мембран [29]. Дослідження Н. Bansal [30] було зосереджено на виготовленні композитних покриттів з використанням гречаного крохмалю (BS) і ксантанової камеді (XG) з додаванням ефірної олії лемонграсу (*Cymbopogon citratus*) (LEO) з різною концентрацією (0,75%, 1,0% і 1,25% (w/v)). Покриття наносили на плоди сливи, через кожні 4 дні протягом 20 діб проводили спостереження за втратою маси, тургор, випаровування вологи. Швидкість дозрівання слив із покриттям сповільнилась, гальмувалося випаровування вологи, зберігалось рН слив. Таким чином, композитні покриття, що складаються з BS, XG і 1,25% (мас./об.), можуть бути використані як економічно ефективний біоактивний матеріал покриття для збереження слив в умовах охолодження [30].

Останнім часом широко використовується післязбиральна обробка ягідної продукції мелатоніном. Дослідники Sabir F.K., Sabir A., Payli T. et al. вивчали біохімічні особливості та біологічно активні сполуки ягід винограду (*Vitis vinifera* cv. 'Crimson Seedless') під впливом післязбирального занурення їх у мелатонін різної концентрації (0, 0,1, 1 та 10 ммоль/л). Зберігали виноград за температури 1,0±0,5 °C протягом 35 днів. Обробка мелатоніном різної концентрації значно покращило фізичні та біохімічні властивості ягід винограду. Спостерігалось уповільнення втрати маси ягід, ступінь розриву шкірки та органолептичні показники. Обробка мелатоніном ефективно затримувала зміни кольору шкірки ягід, вмісту фенолу, антиоксидантної активності та багатьох інших біохімічних компонентів ягідного суслу. Для сталого зберігання столового винограду з мінімальною обробкою можна рекомендувати концентрацію мелатоніну 1 ммоль/л через його відносно вищу ефективність порівняно з іншими дозами, а також економічну ефективність нижчих доз [31].

Для більшості овочів під час зберігання оптимальною є температура, близька до точки замерзання. У межах цієї температури гальмуються процеси життєдіяльності, інтенсивність випаровування води та витрати сухих речовин. Але необхідно звернути увагу, що деякі овочі мають високий ступінь чутливості до понижених температур. При зберіганні їх в умовах зниження температур спостерігаються різні фізіологічні пошкодження. Огірки протягом трьох діб зберігали за температури 0°C. В результаті дії на плоди низької температури порушувалась плазмолема ситоподібних трубочок, відбувався ексудат із клітин тканин в клітини оболонки, дилітирування пектину і в еластичні оболонки ставали крихкими. Це викликало пошкодження тканини. За температури 0...5°C підвищувалося інтенсивність дихання, на п'яту добу зберігання на поверхні з'являлися темні плями. Тому оптимальна температура зберігання плодів огірка є 4...6 °C. Перець солодкий (*Capsicum annuum* L.) схильний до охолодження при зберіганні за температурі нижче 7 °C. Мелатонін, природний регулятор рослин, відіграє вирішальну роль у захисті від різних абіотичних стресів до та після збору врожаю, у тому числі пов'язаних із холодним зберіганням. М Darré, MJ Zaro, обприскували перець або дистильованою водою (контроль), або водним розчином мелатоніну (M100 = 100 мкМ або M500 = 500 мкМ), а потім зберігали протягом 33 днів за температури 4 °C, а потім 2 дні за 20 °C. Обробка M500 виявилася більш ефективною у зменшенні кількості ураження плодів (поверхневі опіки) та швидкості метаболізму. Але втрата маси, розм'якшення та колір були на рівні з контролем. Для зменшення втрати маси використовували комбіновану обробку сумішшю мелатоніна і комерційного воску. Встановлено значне накопичення проліну, що вказує на метаболічну реакцію, яка протидіє впливу холоду, що призводить до кращої адаптації плодів до стресу. Ця обробка також зберегла колір перцю та антиоксидантну здатність. Підсумовуючи, ці результати підкреслюють придатність застосування комбінованої обробки мелатоніна і комерційного воску, як високоефективної для підвищення стійкості перцю до зниженої температури та продовження терміну зберігання [32].

Мушмула (*Eriobotrya japonica* Lindl.), неклімактеричний плід, чутливий до фізичних і механічних пошкоджень, а також до гниття, особливо після мінімальної обробки, що призводить до короткого періоду життя після збору врожаю. Результати дослідження G. Gresco, F. Gargano свідчать про те, що застосування їстівного покриття на основі слизу кактусової груші, доповненого гліцерином і L-глутаміном, ефективно зберігає якісні характеристики плодів мушмули з мінімальною обробкою [33].

Наразі виготовлені нові колориметричні плівки на основі

гелланової камеді (GG), що містить екстракт антоціанів червонокочанної капусти (RCAE), для візуального визначення свіжості грибів. Плівки GG/RCAE мали чутливість до pH та аміаку, оцтової кислоти. Результати показали, що плівки GG/RCAE можна використовувати як розумні етикетки pH-свіжості для визначення свіжості фруктів і овочів [34].

Щоб отримати екологічно чисту та багатфункціональну консервуючу плівку, була розроблена плівка, модифікована дегідроабієтичною кислотою (DHA), хітозаном (CS), що містить ефірну олію зимової зелені (CSDA-WEO). Вміст хітозану у композиції на 12,5% збільшує здатність до деформації плівки, тоді як додавання ефірної олії зимової зелені на 32%. Така плівка може покращити пропускну здатність і блокування ультрафіолетового випромінювання, протягом 35 днів. Плівки покращують продуктивність консервантів, добре зберігають свіжість, загальмувати розвиток мікроорганізмів, подовжити тривалість зберігання до 18 днів. Плівки є екологічно чистими та здоровими, а також мають широкі перспективи для збереження харчових продуктів [35].

Нові їстівні композитні покриття на основі горохового крохмалю та гуарової камеді, змішаного з ліпідною сумішшю, що містить гідрофобні сполуки шелак і олеїнову кислоту, були досліджені та порівняні з комерційним воском і фруктами без покриття після збору врожаю. Встановлено, що якість апельсинів «Валенсія» зберігається до чотирьох тижнів за температури 20 °C і 5 °C з додатковим зберіганням протягом 7 днів при 20 °C. Додавання ліпідних сполук до покриттів призвело до найкращих результатів у зниженні інтенсивності дихання плодів, утворення етилену, втрати маси та твердості, утворення кісточок на шкірці та швидкості гниття плодів апельсинів, покритих оболонкою.

Загальні результати свідчать про те, що їстівні покриття на основі горохового крохмалю та гуарової камеді можуть бути корисною заміною звичайним комерційним воскам для підтримки якості та можливості зберігання, а також продовження терміну зберігання цитрусових і, можливо, інших свіжих садових продуктів [36].

Для уповільнення процесів дозрівання та старіння нектарину «Червоне золото» було досліджено покриття з бактеріальної целюлози, рибажого желатину та ефірної олії кориці, що містять різні концентрації ефірної олії (1,2, 1,8 та 2,4 мл/л). Плоди нектарину зберігали 60 діб за температури 4 °C.

Нанесення покриття затримувало процес дозрівання, а збільшення концентрації ефірної олії було ефективним у покращенні ефективності покриття. Через 60 днів встановлено найнижчу втрати маси (6,93%), активності пероксидази та поліфенолоксидази, вмісту

розчинної сухої речовини (14,56%) та рН (4,17) для зразків, покритих покриттями, що містять найвищу досліджувану концентрацію ефірної олії, тоді як максимальні значення цих показників (20,68, 18,74, 17,93 та 4,39% відповідно) виявлені у зразків без покриття. Крім того, збільшення концентрації ефірної олії сприяло кращому збереженню твердості, аскорбінової кислоти та загальної кислотності зразків. Нарешті, швидкість дихання та утворення етилену в покритих зразках були нижчими, ніж у зразках без покриття.

Це дослідження показало здатність покриттів збільшувати період холодного зберігання та зберігати якість плодів нектарину «Червоне золото», таким чином зменшуючи втрати та підвищуючи економічну ефективність фруктових промисловості [37].

Проведені дослідження [38] збереженості супліддя шовковиці які покривали захисним покриття з 0,2% 0,4% та 0,6% концентрацією хітозана та 0,5% аскорбінової кислоти. Мінімальні втрати маси суплідь шовковиці (2,72%) під час зберігання спостерігались за попередньої обробки 0,6% хітозаном, розчиненому у 0,5% аскорбінової кислоти. Різниця між мінімальними значеннями втрат є статистично достовірною та становить 1,65–2,18% при $HP_{05} = 0,65$. Обробка розчином 0,6% 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. Між виходом товарної продукції та концентрацією розчину хітозана існує обернений тісний зв'язок. Збільшення концентрації хітозану від 0,2% до 0,6% зменшує природні втрати маси, фізіологічні розлади суплідь, абсолютний брак продукції. Вихід товарної продукції збільшується від 91,7 до 95,1%. Встановлено, втрати вмісту сухих речовин під час зберігання суплідь шовковиці коливались від 0,6 до 1,3% при обробці водним розчином хітозана та 0,4–0,7% розчином у аскорбінової кислоти. Тобто, вміст сухих речовин за період зберігання зменшився на 3,0–6,6% та 2,0–3,5% відповідно. Найменші втрати спостерігались за обробки 0,6% розчину хітозану та 0,5% аскорбінової кислоти. Аналогічна закономірність спостерігалась і за вмістом сухих розчинних речовин.

Висновок. Зменшення втрат після збору врожаю потребує інтегрованого та скоординованого підходу та технології на всіх рівнях ланцюга постачання, починаючи від виробництва і закінчуючи споживанням, для забезпечення сталого та адекватного постачання продовольства.

Післязбиральний підхід і технологія означають методи і технології, які використовуються для обробки сільськогосподарської продукції після збору врожаю, щоб забезпечити збереження її якості

та забезпечити високоякісну продукцію споживачам. Принцип полягає в зменшенні дихання, затримці післязбирального дозрівання свіжих фруктів і овочів і запобіганні розмноженню мікроорганізмів. Технологічний прогрес сприяв розробці найсучаснішого обладнання для збереження свіжих продуктів, такого як модифікована атмосфера, контрольована атмосфера, вакуумне пакування, холодна плазма, заморожування та охолодження. Однак висока вартість і значні енергетичні потреби цих передових технологій роблять їх недоступними для дрібних виробників у країнах, що розвиваються. Вони також не вигідні для продавців і, безумовно, вплинуть на фінансові портфелі домогосподарств. Знаючи, що в сучасному світі екологічно чисті та енергоефективні технології залучають клієнтів, ми пропонуємо підходи та методи, які прості у застосуванні, доступні та енергоефективні, і які приносять користь дрібним власникам, роздрібним торговцям і споживачам.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Bancal, V.; Ray, R.C. Fruits and Vegetable Wastes Valorization to Bioproducts and Platform Chemicals; Springer: Gateway East, TX, USA; Singapore, 2023; ISBN 9789811695278.
2. Zaman, R.; Nawaz, R.; Nasreen, R.; Fatima, N.; Siddique, R. Postharvest Management and Chemical Treatments for Apricot Preservation in Pakistan. *Int. J. Res. Publ. Rev.* 2024, 4, 1116–1131.
3. Jain, S.; Nidhi, N.; Ausari, P.K.; Sangam; Das, P.; Singh, A.; Kumar, L.; Sharma, R. A Comprehensive Review on Nature and Causes of Deterioration in Fruits and Vegetables. *Int. J. Environ. Clim. Chang.* 2023, 13, 3548–3558.
4. Singh, V.; Zaman, P.; Meher, J. Review Article Jpht Postharvest Technology of Fruits and Vegetables: An Overview. *J. Postharvest Technol.* 2015, 2, 124–135.
5. Laurentiis, V.D.; Corrado, S.; Sala, S. Quantifying Household Waste of Fresh Fruit and Vegetables in the EU. *Waste Manag.* 2018, 77, 238–251.
6. Porat, R.; Lichter, A.; Terry, L.A.; Harker, R.; Buzby, J. Postharvest Losses of Fruit and Vegetables during Retail and in Consumers' Homes: Quantifications, Causes, and Means of Prevention. *Postharvest Biol. Technol.* 2018, 139, 135–149.
7. Balana, B.B.; Aghadi, C.N.; Ogunniyi, A. Improving Livelihoods through Postharvest Loss Management: Evidence from Nigeria. *Food Secur.* 2022, 14, 249–265.
8. Stathers, T.; Holcroft, D.; Kitinoja, L.; Mvumi, B.M.; English, A.; Omotilewa, O.; Kocher, M.; Ault, J.; Torero, M. A Scoping Review of

Interventions for Crop Postharvest Loss Reduction in Sub-Saharan Africa and South Asia. Nat. Sustain. 2020, 3, 821–835.

9. Faqeerzada, M.A.; Rahman, A.; Joshi, R.; Cho, B. Postharvest Technologies for Fruits and Vegetables in South Asian Countries: A Review. Korean J. Agric. Sci. 2018, 45, 325–353.

10. Sugri, I.; Abubakari, M.; Owusu, R.K.; Bidzakin, J.K. Postharvest Losses and Mitigating Technologies: Evidence from Upper East Region of Ghana. Sustain. Futures 2021, 3, 100048.

11. Gosa, A.S.; Aga, M.C.; Geleta, R.J. Assessment of Postharvest Losses of Fruits in West Shewa Zone Assessment of Postharvest Losses of Fruits in West Shewa Zone, Oromia, Ethiopia. J. Plant Sci. 2022, 10, 89–96.

12. Musasa, S.T.; Mvumi, B.M.; Manditsera, F.A.; Chinhanga, J.; Musiyandaka, S.; Chigwedere, C. Postharvest Orange Losses and Small-Scale Farmers' Perceptions on the Loss Causes in the Fruit Value Chain: A Case Study of Rusitu Valley, Zimbabwe. Food Sci. Qual. Manag. 2013, 18, 2224–6088.

13. Елік та ін. [14 Elik, A.; Yanik, D.K.; Istanbulu, Y.; Guzelsoy, N.A.; Yavuz, A.; Gogus, F. Strategies to Reduce Post-Harvest Losses for Fruits and Vegetables. Int. J. Sci. Technol. Res. 2019, 5, 29–39.

14. Buzby, J.C.; Hyman, J.; Stewart, H.; Wells, H.F. The Value of Retail- and Consumer-Level Fruit and Vegetable Losses in the United States. J. Consum. Aff. 2011, 45, 492–515

15. Mattsson, L.; Williams, H.; Berghel, J. Resources, Conservation & Recycling Waste of Fresh Fruit and Vegetables at Retailers in Sweden—Measuring and Calculation of Mass, Economic Cost and Climate Impact. Resour. Conserv. Recycl. 2018, 130, 118–126

16. Lebersorger, S.; Schneider, F. Food Loss Rates at the Food Retail, Influencing Factors and Reasons as a Basis for Waste Prevention Measures. Waste Manag. 2014, 34, 1911–1919.

17. О. В. Васи́лишина (2019). Оптимізація зберігання плодів вишні з попередньою обробкою розчином хітозану Вісник аграрної науки Причорномор'я. – 2019. – Вип. 3 С. 80 – 87. | DOI: 10.31521/2313-092X/2019-3(103)

18. Perdones Á., Escriche I., Chiralt A., Vargas M. Effect of chitosan–lemon essential oil coatings on volatile profile of strawberries during storage // Food chemistry. 2016. № 197. P. 979-986.

19. Orzali L., Corsi B., Forni C., Riccioni L. Chitosan in agriculture: a new challenge for managing plant disease // Biological activities and application of marine polysaccharides. 2017. P.17-36.

20. Wiącek A. E., Gozdecka A., Jurak M. Physicochemical characteristics of chitosan–TiO₂ biomaterial. 1. Stability and swelling properties // Industrial & Engineering Chemistry Research. 2018. № 57(6) P. 1859-1870.

21. Zhuikova Y. V., Zhuikov V. A., Zubareva, A. A. et. al. Physicochemical and biological characteristics of chitosan/κ-carrageenan thin layer-by-layer films for surface modification of Nitinol // *Micron*. 2020. Vol. 138. № 102922.
22. Riaz Rajoka M. S., Mehwish H. M., Wu Y. et. al. Chitin/chitosan derivatives and their interactions with microorganisms: a comprehensive review and future perspectives // *Critical Reviews in Biotechnology*. 2020. № 40(3). P. 365-379.
23. Bui V. K. H., Park D., Lee Y. C. Chitosan combined with ZnO, TiO₂ and Ag nanoparticles for antimicrobial wound healing applications: a mini review of the research trends // *Polymers*. 2017. № 9(1). P. 21
24. Pavinatto A., de Almeida Mattos A. V., Malpass A. C. G. et.al. Coating with chitosan-based edible films for mechanical/biological protection of strawberries // *International journal of biological macromolecules*. 2020. № 151. P. 1004-1011.
25. Ventura-Aguilar R. I., Bautista-Baños S., Flores-García G., Zavaleta-Avejar L. Impact of chitosan based edible coatings functionalized with natural compounds on *Colletotrichum fragariae* development and the quality of strawberries // *Food chemistry*. 2018. № 262. P. 142-149.].
26. Bal E. Influence of chitosan-based coatings with UV irradiation on quality of strawberry fruit during cold storage // *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*. 2019. № 7(2). P. 275-281.].
27. Kerch G., Sabovics M., Kruma Z., Kampuse, S., Straumite E. Effect of chitosan and chitooligosaccharide on vitamin C and polyphenols contents in cherries and strawberries during refrigerated storage // *European Food Research and Technology*. 2011. Vol. 233 № 2. P. 351-358.
28. Martínez-González M. D. C., Bautista-Baños S., Correa-Pacheco Z. N. et. al. Effect of nanostructured chitosan/propolis coatings on the quality and antioxidant capacity of strawberries during storage // *Coatings*. 2020. № 10(2)/ P. 90.].
29. Мосьпан, А. Б., Яновська, Г. О. Синтез гранульованих біоматеріалів на основі альгінату та гідроксиапатиту з додаванням іонів магнію (Doctoral dissertation, Сумський державний університет). 2017.
30. Preserving plum perfection: Buckwheat starch edible coating with xanthan gum and lemongrass essential oil H Bansal, HP Singh, S Singh, A Sharma, J Singh. *International Journal of ...*, 2024 <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2024.133239>
31. Sabir, F.K., Sabir, A., Payli, T. et al. Exogenous Melatonin Treatments Maintain Berry Quality and Bioactive Compounds of Minimally Processed Table Grapes ('Crimson Seedless') During Cold Storage. *Applied Fruit Science* 66, 1609–1617 (2024). <https://doi.org/10.1007/s10341-024-0112>

32. Melatonin Combined with Wax Treatment Enhances Tolerance to Chilling Injury in Red Bell Pepper M Darré, MJ Zaro, M Guijarro-Fuertes, L Careri, A Concellón *Metabolites* 2024, 14(6), 330;
<https://doi.org/10.3390/metabo14060330>
33. [Effect of Application of a Cactus Pear Mucilage-Based Edible Coating Enriched with Glycerol and L-Glutamine on Minimally Processed White-Flesh Loquats](#) G Greco, F Gargano, ML Motta, IM Gugino, G Liguori - *Agronomy* 2024, 14(6), 1246;
<https://doi.org/10.3390/agronomy14061246>
34. Development of pH-freshness smart label based on gellan gum film incorporated with red cabbage anthocyanins extract and its application in postharvest mushroom S Zhan, F Yi, F Hou, L Song, X Chen, H Jiang, X Han. 2024 <https://doi.org/10.1016/j.colsurfb.2024.113830>
35. Preparation of dehydroabietic acid modified chitosan/wintergreen essential oil film and mandarin freshness preservation study L Li, C Wu, Q Chen, Z Shi, K Xu, Y Niu, X Rao *Food Chemistry* 464(3):141836
DOI:[10.1016/j.foodchem.2024.141836](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.141836)
36. B. Saberi, J.B. Golding, J.R. Marques, P. Pristijono, S. Chockchaisawasdee, C.J. Scarlett, C.E. Stathopoulos, Application of biocomposite edible coatings based on pea starch and guar gum on quality, storability and shelf life of ‘Valencia’ oranges. *Postharvest Biol. Technol.* 137, 9–20 (2018). <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2017.11.003>
37. R Akbari, J Tarighi, MS Razavi, M Tahmasebi, D Carullo, S Farris Extending the Shelf-Life of Nectarines through Fish Gelatin/Cellulose Nanocrystals/Cinnamon Essential Oil-Based Edible Coatings 14(6):736
DOI:[10.3390/coatings14060736](https://doi.org/10.3390/coatings14060736)
38. 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. Bancal, V.; Ray, R.C. *Fruits and Vegetable Wastes Valorization to Bioproducts and Platform Chemicals*; Springer: Gateway East, TX, USA; Singapore, 2023; ISBN 9789811695278.
2. Zaman, R.; Nawaz, R.; Nasreen, R.; Fatima, N.; Siddique, R. Postharvest Management and Chemical Treatments for Apricot Preservation in Pakistan. *Int. J. Res. Publ. Rev.* 2024, 4, 1116–1131.
3. Jain, S.; Nidhi, N.; Ausari, P.K.; Sangam; Das, P.; Singh, A.; Kumar, L.; Sharma, R. A Comprehensive Review on Nature and Causes of

Deterioration in Fruits and Vegetables. Int. J. Environ. Clim. Chang. 2023, 13, 3548–3558.

4. Singh, V.; Zaman, P.; Meher, J. Review Article Jpht Postharvest Technology of Fruits and Vegetables: An Overview. J. Postharvest Technol. 2015, 2, 124–135.

5. Laurentiis, V.D.; Corrado, S.; Sala, S. Quantifying Household Waste of Fresh Fruit and Vegetables in the EU. Waste Manag. 2018, 77, 238–251.

6. Porat, R.; Lichter, A.; Terry, L.A.; Harker, R.; Buzby, J. Postharvest Losses of Fruit and Vegetables during Retail and in Consumers' Homes: Quantifications, Causes, and Means of Prevention. Postharvest Biol. Technol. 2018, 139, 135–149.

7. Balana, B.B.; Aghadi, C.N.; Ogunniyi, A. Improving Livelihoods through Postharvest Loss Management: Evidence from Nigeria. Food Secur. 2022, 14, 249–265.

8. Stathers, T.; Holcroft, D.; Kitinoja, L.; Mvumi, B.M.; English, A.; Omotilewa, O.; Kocher, M.; Ault, J.; Torero, M. A Scoping Review of Interventions for Crop Postharvest Loss Reduction in Sub-Saharan Africa and South Asia. Nat. Sustain. 2020, 3, 821–835.

9. Faqeerzada, M.A.; Rahman, A.; Joshi, R.; Cho, B. Postharvest Technologies for Fruits and Vegetables in South Asian Countries: A Review. Korean J. Agric. Sci. 2018, 45, 325–353.

10. Sugri, I.; Abubakari, M.; Owusu, R.K.; Bidzakin, J.K. Postharvest Losses and Mitigating Technologies: Evidence from Upper East Region of Ghana. Sustain. Futures 2021, 3, 100048.

11. Gosa, A.S.; Aga, M.C.; Geleta, R.J. Assessment of Postharvest Losses of Fruits in West Shewa Zone Assessment of Postharvest Losses of Fruits in West Shewa Zone, Oromia, Ethiopia. J. Plant Sci. 2022, 10, 89–96.

12. Musasa, S.T.; Mvumi, B.M.; Manditsera, F.A.; Chinhanga, J.; Musiyandaka, S.; Chigwedere, C. Postharvest Orange Losses and Small-Scale Farmers' Perceptions on the Loss Causes in the Fruit Value Chain: A Case Study of Rusitu Valley, Zimbabwe. Food Sci. Qual. Manag. 2013, 18, 2224–6088.

13. Елік та ін. [14 Elik, A.; Yanik, D.K.; Istanbulu, Y.; Guzelsoy, N.A.; Yavuz, A.; Gogus, F. Strategies to Reduce Post-Harvest Losses for Fruits and Vegetables. Int. J. Sci. Technol. Res. 2019, 5, 29–39.

14. Buzby, J.C.; Hyman, J.; Stewart, H.; Wells, H.F. The Value of Retail- and Consumer-Level Fruit and Vegetable Losses in the United States. J. Consum. Aff. 2011, 45, 492–515

15. Mattsson, L.; Williams, H.; Berghel, J. Resources, Conservation & Recycling Waste of Fresh Fruit and Vegetables at Retailers in Sweden—Measuring and Calculation of Mass, Economic Cost and Climate Impact. Resour. Conserv. Recycl. 2018, 130, 118–126

16. Lebersorger, S.; Schneider, F. Food Loss Rates at the Food Retail, Influencing Factors and Reasons as a Basis for Waste Prevention Measures. *Waste Manag.* 2014, 34, 1911–1919.
17. Vasylyshyna O. V. (2019). Optymizatsiya zberihannya plodiv vyshni z poperedn'oyu obrobkoyu rozchynom khitozanu Visnyk ahrarnoyi nauky Prychornomor'ya. – 2019. – Vyp. 3 S. 80 – 87. | DOI: 10.31521/2313-092X/2019-3(103)
18. Perdones Á., Escriche I., Chiralt A., Vargas M. Effect of chitosan–lemon essential oil coatings on volatile profile of strawberries during storage // *Food chemistry.* 2016. № 197. P. 979-986.
19. Orzali L., Corsi B., Forni C., Riccioni L. Chitosan in agriculture: a new challenge for managing plant disease // *Biological activities and application of marine polysaccharides.* 2017. P.17-36.
20. Wiącek A. E., Gozdecka A., Jurak M. Physicochemical characteristics of chitosan–TiO₂ biomaterial. 1. Stability and swelling properties // *Industrial & Engineering Chemistry Research.* 2018. № 57(6) P. 1859-1870.
21. Zhuikova Y. V., Zhuikov V. A., Zubareva, A. A. et. al Physicochemical and biological characteristics of chitosan/κ-carrageenan thin layer-by-layer films for surface modification of Nitinol // *Micron.* 2020. Vol. 138. № 102922.
22. Riaz Rajoka M. S., Mehwish H. M., Wu Y. et. al. Chitin/chitosan derivatives and their interactions with microorganisms: a comprehensive review and future perspectives // *Critical Reviews in Biotechnology.* 2020. № 40(3). P. 365-379.
23. Bui V. K. H., Park D., Lee Y. C. Chitosan combined with ZnO, TiO₂ and Ag nanoparticles for antimicrobial wound healing applications: a mini review of the research trends // *Polymers.* 2017. № 9(1). P. 21
24. Pavinatto A., de Almeida Mattos A. V., Malpass A. C. G. et.al. Coating with chitosan-based edible films for mechanical/biological protection of strawberries // *International journal of biological macromolecules.* 2020. № 151. P. 1004-1011.
25. Ventura-Aguilar R. I., Bautista-Baños S., Flores-García G., Zavaleta-Avejar L. Impact of chitosan based edible coatings functionalized with natural compounds on *Colletotrichum fragariae* development and the quality of strawberries // *Food chemistry.* 2018. № 262. P. 142-149.].
26. Bal E. Influence of chitosan-based coatings with UV irradiation on quality of strawberry fruit during cold storage // *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology.* 2019. № 7(2). P. 275-281.].
27. Kerch G., Sabovics M., Kruma Z., Kampuse, S., Straumite E. Effect of chitosan and chitooligosaccharide on vitamin C and polyphenols contents in cherries and strawberries during refrigerated storage // *European Food Research and Technology.* 2011. Vol. 233 № 2. P. 351-358.

28. Martínez-González M. D. C., Bautista-Baños S., Correa-Pacheco Z. N. et. al. Effect of nanostructured chitosan/propolis coatings on the quality and antioxidant capacity of strawberries during storage // Coatings. 2020. № 10(2)/ P. 90.].

29. Mos'pan, A. B., Yanovs'ka, H. O. Syntez hranul'ovanykh biomaterialiv na osnovi al'hinatu ta hidroksyapatytu z dodavannyam ioniv mahniyu (Doctoral dissertation, Sums'kyi derzhavnyi universytet). 2017

30. Preserving plum perfection: Buckwheat starch edible coating with xanthan gum and lemongrass essential oil H Bansal, HP Singh, S Singh, A Sharma, J Singh. International Journal of ..., 2024 <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2024.133239>

31. Sabir, F.K., Sabir, A., Payli, T. et al. Exogenous Melatonin Treatments Maintain Berry Quality and Bioactive Compounds of Minimally Processed Table Grapes ('Crimson Seedless') During Cold Storage. Applied Fruit Science 66, 1609–1617 (2024). <https://doi.org/10.1007/s10341-024-0112-0>

32. Melatonin Combined with Wax Treatment Enhances Tolerance to Chilling Injury in Red Bell Pepper M Darré, MJ Zaro, M Guijarro-Fuertes, L Careri, A Concellón *Metabolites* 2024, 14(6), 330; <https://doi.org/10.3390/metabo14060330>

33. Effect of Application of a Cactus Pear Mucilage-Based Edible Coating Enriched with Glycerol and L-Glutamine on Minimally Processed White-Flesh Loquats G Greco, F Gargano, ML Motta, IM Gugino, G Liguori - *Agronomy* 2024, 14(6), 1246; <https://doi.org/10.3390/agronomy14061246>

34. Development of pH-freshness smart label based on gellan gum film incorporated with red cabbage anthocyanins extract and its application in postharvest mushroom S Zhan, F Yi, F Hou, L Song, X Chen, H Jiang, X Han. 2024 <https://doi.org/10.1016/j.colsurfb.2024.113830>

35. Preparation of dehydroabietic acid modified chitosan/wintergreen essential oil film and mandarin freshness preservation study L Li, C Wu, Q Chen, Z Shi, K Xu, Y Niu, X Rao *Food Chemistry* 464(3):141836
DOI:[10.1016/j.foodchem.2024.141836](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.141836)

36. B. Saberi, J.B. Golding, J.R. Marques, P. Pristijono, S. Chockchaisawasdee, C.J. Scarlett, C.E. Stathopoulos, Application of biocomposite edible coatings based on pea starch and guar gum on quality, storability and shelf life of 'Valencia' oranges. *Postharvest Biol. Technol.* 137, 9–20 (2018). <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2017.11.003>

37. R Akbari, J Tarighi, MS Razavi, M Tahmasebi, D Carullo, S Farris Extending the Shelf-Life of Nectarines through Fish Gelatin/Cellulose Nanocrystals/Cinnamon Essential Oil-Based Edible Coatings 14(6):736
DOI:[10.3390/coatings14060736](https://doi.org/10.3390/coatings14060736)

38. 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
State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine

International experience in reducing losses of fruit and vegetable products

The results of the analysis of the current state of post-harvest treatments and new technologies that can be used to maintain the quality and reduce losses of fresh produce are presented.

The analysis of modern domestic and foreign scientific and patent literature indicates that various post-harvest physical, chemical and gas treatments can be used to preserve the quality of fresh produce with high nutritional value and compliance with safety standards for fresh vegetables and fruits. These post-harvest treatments are usually combined with proper storage temperature control.

Results. The main advantages of using coatings are based on such properties as cost, availability, functionality, mechanical properties, optical properties, resistance to damage by microorganisms and sensory acceptability. They are used in combination with bioactive compounds that provide fruits and vegetables with additional functions, reduce weight loss and quality preservation and extend shelf life. The principle is to reduce respiration, delay post-harvest ripening of fresh fruits and vegetables and prevent the reproduction of microorganisms. Technological advances have led to the development of cutting-edge equipment for preserving fresh produce, such as modified atmosphere, controlled atmosphere, vacuum packaging, cold plasma, freezing and chilling. However, the high cost and significant energy requirements of these advanced technologies make them inaccessible to small-scale producers in developing countries. They are also unprofitable for retailers and will certainly affect household financial portfolios. Knowing that in today's world, environmentally friendly and energy-efficient technologies attract customers, we propose approaches and methods that are easy to implement, affordable and energy-efficient, and that benefit smallholders, retailers and consumers.

Keywords: post-harvest processing, chitosan, melatonin, edible coatings.

Наукове видання

**РОСЛИННИЦТВО, СЕЛЕКЦІЯ
І НАСІННИЦТВО, ПЛОДООВОЧІВНИЦТВО**

Журнал

Видається з 1997 року

Відповідальний за випуск

А.О. Рожков

Комп'ютерна верстка

Н.О. Дідух

Підп. до друку 30.10.2025 р. Формат 60х84 1/16. Папір офсет.
Ум. друк. арк. 9,2. Тираж 100 прим.

Державний біотехнологічний університет
вул. Алчевських, 44, Харків, 61002