МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
БІЛОЦЕРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
АГРОБІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
Спеціальність Н1 Агрономія

Допускається до захисту
завідувач кафедри рослинництва та цифрових технологій в агрономії
доцент_____ Панченко Т.В.
«__» _____ 2026 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ СОНЯШНИКУ В УМОВАХ ПРАВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

Рівень вищої освіти: другий (освітній рівень)
Кваліфікація: «Магістр з агрономії»
Форма навчання: очна

Виконав: Безпалий Костянтин Васильович _____

Керівник: доцент Правдива Л.А. _____

Біла Церква – 2026

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
БІЛОЦЕРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Агробіотехнологічний факультет
Спеціальність Н1 Агрономія

Затверджую
Гарант ОП «Агрономія»
професор_____Грабовський М.Б.
«10» вересня 2025 р.

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу здобувачу
Безпалому Костянтину Васильовичу

Тема: «Формування продуктивності соняшнику в умовах Правобережного Лісостепу України»
Затверджено наказом ректора №496/С від 04.11.2025 р.

Термін здачі студентом готової кваліфікаційної роботи до 17.11.2026 р.

Перелік питань, що розробляються в роботі. Вихідні дані: огляд наукової літератури щодо особливостей соняшнику та його потреби в основних чинниках росту й розвитку, та впливу біопрепаратів на його продуктивність; ґрунтово-кліматичні та погодні умови проведення досліджень; методика проведення досліджень; аналіз результатів досліджень з вивченню агробіологічних особливостей взаємодії соняшнику з підземною мікробіотою; економічна та енергетична оцінка результатів досліду.

Календарний план виконання роботи

Етап виконання	**Дата виконання етапу**	**Відмітка про виконання**
Огляд літератури	до 14.09.2026	виконано
Методична частина	до 21.09.2026	виконано
Дослідницька частина	до 25.10.2026	виконано
Оформлення роботи	до 17.11.2026	виконано
Перевірка на плагіат	до 01.11.2026	виконано
Подання на рецензування	до 09.11.2026	виконано
Попередній розгляд на кафедрі	05.11.2026	виконано
Розміщення в репозитарії БНАУ з накладанням КЕП	до 16.11.2026	виконано

Керівник кваліфікаційної роботи _____ доцент Правдива Л.А.

Здобувач _____ Безпалий К.В.

Дата отримання завдання «10» вересня 2025 р.

ДЕКЛАРАЦІЯ
про дотримання академічної доброчесності під час виконання кваліфікаційної роботи

Я, Безпалий Костянтин Васильович здобувач другого рівня вищої освіти за освітньою програмою Н1 Агрономія, підтверджую, що кваліфікаційну роботу з теми:

«Формування продуктивності соняшнику в умовах Правобережного Лісостепу України»

виконано мною з дотриманням принципів і правил академічної доброчесності.

Підтверджую, що:

- роботу виконано особисто на основі власних розробок і суджень;
- у роботі належним чином зазначено авторство та джерела використаних текстів, ідей, даних, зображень та інших матеріалів;
- наведені результати дослідження, дані та висновки є достовірними;
- робота не містить свідомо сфабрикованої чи сфальсифікованої інформації.

Під час виконання кваліфікаційної роботи ChatGPT (OpenAI) застосовувався як допоміжний інструмент для мовного та стилістичного вдосконалення тексту, уточнення формулювань, а також створення й графічного оформлення діаграм за наданими результатами досліджень. Усі підготовлені матеріали перевірялися на відповідність фактичним даним і результатам проведених досліджень. Використання штучного інтелекту не передбачало створення вигаданих експериментальних даних або заміни ним наукових результатів, отриманих у ході дослідження.

Я усвідомлюю відповідальність за зміст кваліфікаційної роботи та дотримання вимог академічної доброчесності під час її підготовки.

Дата: 14.11.2026

РЕФЕРАТ

Безпалий К.В. **Формування продуктивності соняшнику в умовах Правобережного Лісостепу України**

Досліджено теоретичне обґрунтування і узагальнено експериментальні та лабораторні дані щодо розроблення елементів технології вирощування соняшнику. В основу технологій закладено вивчення такого чинника як передпосівна обробка насіння біопрепаратом.

Використано теоретичні (теорії, гіпотези) та емпіричні (експерименти, наукові дослідження, спостереження, вимірювання тощо) наукові методи досліджень.

Визначено вплив елементів технології вирощування соняшнику на ріст, розвиток та продуктивність рослин. Встановлено найбільш оптимальний варіант вирощування, за рахунок якого підвищувалась продуктивність культури.

Зроблено висновок, що найкращі результати продуктивності соняшнику та економічна ефективність вирощування спостерігається за оптимального варіанту досліду: обробка насіння мікоризоутворюючим препаратом.

Одержані результати можуть бути використані у виробництві будь яких господарств чи підприємств, що знаходяться у зоні Правобережного Лісостепу України.

Кваліфікаційна робота магістра містить 66 сторінках, 8 таблиць, 8 рисунків, список використаних джерел із 60 найменувань.

Ключові слова: соняшник, мікоризоутворюючий біопрепарат, передпосівна обробка насіння, урожайність зерна, економічна та енергетична ефективність.

ANNOTATION

Bezpalyi K.V. Formation of Sunflower Productivity in the Right-Bank Forest-Steppe Zone of Ukraine

This study provides a theoretical rationale and synthesizes experimental and laboratory data regarding the development of sunflower cultivation techniques. The core of the approach involves examining the impact of pre-sowing seed treatment with a biological preparation.

The research employed both theoretical methods (theories, hypotheses) and empirical methods (experiments, scientific studies, observations, measurements, etc.).

The influence of various cultivation techniques on plant growth, development, and productivity was determined. The optimal cultivation method—which resulted in increased crop productivity—was identified.

It is concluded that the best sunflower productivity and economic efficiency are achieved through the optimal experimental variant: pre-sowing seed treatment with a mycorrhiza-forming biological preparation.

The findings can be applied in agricultural production by farms and enterprises located within the Right-Bank Forest-Steppe zone of Ukraine.

This Master's thesis consists of 66 pages, 8 tables, 8 figures, and a bibliography containing 60 sources.

Key words: sunflower, mycorrhiza-forming biological preparation, pre-sowing seed treatment, grain yield, economic and energy efficiency.

ЗМІСТ

Вступ 7

Розділ 1. Тенденції розвитку виробництва соняшнику, перспективи й напрями підвищення його продуктивності (Огляд літератури) 10

1.1. Особливості соняшнику та його потреби в основних чинниках росту й розвитку 10

1.2. Вплив біопрепаратів на продуктивність соняшнику 22

Розділ 2. Грунтово-кліматичні умови проведення досліджень 26

2.1. Ґрунтово-кліматичні умови проведення досліджень 26

2.2. Погодні умови в роки проведення досліджень 27

2.3. Мета та завдання, методика проведення досліджень, схема досліду 30

Розділ 3. Агробіологічні особливості взаємодії соняшнику з підземною мікробіотою в процесі формування врожаю 34

3.1. Вплив біопрепарату Мікофренд на водний стан листків рослин соняшнику 34

3.2. Біометричні показники рослин соняшнику залежно від біопрепарату Мікофренд 36

3.3. Фотосинтетичний потенціал та чиста продуктивність фотосинтезу соняшнику залежно від мікоризації 39

3.4. Ураженість рослин соняшнику хворобами залежно від застосування Мікофренду 42

Розділ 4. Продуктивність та якість соняшнику залежно від застосування мікофренду 45

4.1. Елементи структури врожаю соняшнику 45

4.2. Врожайність соняшнику 46

4.3. Якісні показники насіння залежно від внесення Мікофренду 48

4.4. Лушпинність соняшнику залежно від Мікофренду 50

4.5. Економічна та енергетична оцінка вирощування соняшнику залежно від Мікофренду 52

Висновки 56

Рекомендації виробництву..... 58

Список використаних джерел..... 59

ВСТУП

Соняшник (Helianthus annuus L.) належить до провідних олійних культур України завдяки значному поширенню посівів, здатності пристосовуватися до різноманітних ґрунтово-кліматичних умов і високій олійності насіння. Важливою перевагою цієї культури є високий вихід рослинної олії з одиниці посівної площі, що забезпечує її господарську цінність та економічну доцільність вирощування в різних природно-кліматичних зонах країни.

Україна посідає провідні позиції у світовому виробництві соняшнику, входячи до числа найбільших виробників його насіння. Розвиток галузі зумовлений комплексом чинників, серед яких важливе значення мають погодні умови, удосконалення технологій вирощування та ринкова кон'юнктура. За наведеними у джерелах даними, річний валовий збір насіння соняшнику в Україні становить близько 12 млн тонн, що створює сировинну основу для виробництва значних обсягів олії. Щорічне виробництво соняшникової олії оцінюється в межах 4,9–5,5 млн тонн, тоді як внутрішнє споживання становить приблизно 0,5 млн тонн. Така різниця між обсягами виробництва та внутрішніми потребами сприяє формуванню значного експортного потенціалу України та зміцненню її позицій на міжнародному ринку соняшникової олії [1].

Актуальність. Висока економічна ефективність вирощування соняшнику та стійкий попит на соняшникову олію на внутрішньому й міжнародному ринках зумовлюють зацікавленість аграрних виробників у розширенні посівних площ цієї культури та підвищенні рівня її продуктивності. Водночас потенційні можливості сучасних гібридів соняшнику не завжди повною мірою реалізуються у виробничих умовах. За даними наукових джерел, фактичний рівень використання їхнього генетичного потенціалу може становити лише 30–50 %. Серед основних причин такого явища виділяють невідповідність окремих елементів технології вирощування конкретним ґрунтово-кліматичним умовам, а також недостатню оптимізацію агротехнічних заходів [2]. Це свідчить про необхідність комплексного підходу до добору гібридів і вдосконалення

технологічних рішень з урахуванням особливостей певної зони вирощування.

Одним із перспективних напрямів збільшення насіннєвої продуктивності соняшнику є оптимізація технологічних заходів відповідно до біокліматичних ресурсів регіону та біологічних особливостей культури. Важливу роль у цьому процесі відіграє раціональний добір високопродуктивних гібридів вітчизняної й зарубіжної селекції, здатних ефективно використовувати ресурси середовища та формувати стабільний урожай. Не менш значущими є вдосконалення систем удобрення, захисту рослин і регулювання умов вирощування, оскільки ці чинники безпосередньо впливають на ріст і розвиток рослин, формування врожаю та ефективність використання природних ресурсів. З огляду на зміни клімату особливої актуальності набувають дослідження адаптивних властивостей сучасних гібридів соняшнику, їхньої стійкості до несприятливих чинників і реакції на різні елементи технології вирощування. Отримані результати можуть стати основою для розроблення агротехнічних рішень, спрямованих на підвищення врожайності та стабільності виробництва насіння соняшнику.

Мета досліджень з’ясувати особливості впливу симбіотичної взаємодії грибів та бактерій із кореневою системою соняшнику на ріст і розвиток рослин, агрохімічні властивості ґрунту та якісні характеристики насіння..

Для досягнення поставленої мети передбачалося вирішення наступних **завдань**:

1. Проаналізувати сучасні наукові дані щодо особливостей симбіотичної взаємодії мікоризних грибів і корисних ґрунтових бактерій із кореневою системою соняшнику.

2. Дослідити вплив застосування мікробіологічних препаратів на ріст і розвиток рослин соняшнику та формування їхньої продуктивності.

3. Визначити вплив симбіотичної взаємодії мікроорганізмів на агрохімічні властивості ґрунту та доступність елементів мінерального живлення для рослин.

4. Оцінити вплив мікробіологічних препаратів на формування врожайності та якісні показники насіння соняшнику.

5. Встановити доцільність використання досліджуваних біопрепаратів у технології вирощування соняшнику на основі комплексної оцінки отриманих результатів.

Об'єкт дослідження – процеси росту та розвитку й формування врожаю рослин досліджуваних гібридів соняшнику залежно від досліджуваних чинників.

Предмет дослідження – гібриди соняшнику; елементи технології вирощування гібридів.

Наукова новизна. Уперше в конкретних ґрунтово-кліматичних умовах досліджуваного регіону комплексно оцінено вплив застосування мікробіологічних препаратів на особливості росту й розвитку рослин соняшнику, формування їхньої продуктивності, агрохімічні властивості ґрунту та якісні показники насіння.

Практичне значення. Практичне значення досліджень полягає в обґрунтуванні доцільності застосування мікробіологічних препаратів у технології вирощування соняшнику для поліпшення умов мінерального живлення, оптимізації агрохімічних властивостей ґрунту та підвищення продуктивності рослин.

РОЗДІЛ 1
ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ВИРОБНИЦТВА СОНЯШНИКУ, ПЕРСПЕКТИВИ Й НАПРЯМИ ПІДВИЩЕННЯ ЙОГО ПРОДУКТИВНОСТІ

(огляд літератури)

1.1. Особливості соняшнику та його потреби в основних чинниках росту й розвитку

Соняшник (Helianthus annuus L.) є однорічною трав'янистою рослиною, що належить до родини Айстрових (Asteraceae). Відповідно до класифікації розрізняють два види цієї культури: культурний соняшник (H. cultus Wenz) і дикорослий соняшник (H. ruderalis Wenz) [25]. У межах культурного соняшнику виокремлюють посівний (subsp. sativus) та декоративний (subsp. ornamentalis) підвиди. Залежно від морфологічних характеристик і господарського призначення культурний соняшник поділяють на три основні типи: олійний, лузальний і межеумок [3]. Формування культурних форм рослини відбувалося під впливом тривалого штучного добору та селекційної діяльності людини, що сприяло закріпленню ознак, важливих для практичного використання культури.

В Україні соняшник посідає провідне місце серед олійних культур і має значну частку в структурі їхнього виробництва. За наведеними в літературі даними, на його посіви припадає близько 70 % загальної площі, зайнятої олійними культурами, а частка у валовому зборі становить приблизно 85 %. У структурі державних закупівель насіння олійних культур питома вага соняшнику сягає 96 %, тоді як у загальному виробництві рослинної олії на соняшникову припадає близько 98 % [4]. Наведені показники характеризують важливу роль цієї культури у формуванні сировинної бази олійно-жирової промисловості України.

Високе господарське значення соняшнику та його вплив на економічну ефективність аграрного виробництва зумовлюють необхідність подальшого наукового вивчення цієї культури. Дослідження спрямовані на визначення

шляхів повнішої реалізації її продуктивного потенціалу, удосконалення технологічних прийомів вирощування та підвищення стабільності формування врожаю за різних умов середовища. Результати таких досліджень мають практичну цінність для розвитку рослинництва й зміцнення конкурентоспроможності вітчизняного аграрного сектору.

Під час розроблення технологій вирощування соняшнику важливо враховувати взаємозв'язок його біологічних властивостей із чинниками навколишнього середовища, зокрема забезпеченістю вологою, теплом, світлом і поживними речовинами. Особливе значення має будова та функціонування кореневої системи, яка характеризується значною потужністю й здатністю проникати в глибші горизонти ґрунту. Завдяки цьому рослини можуть використовувати вологу та елементи мінерального живлення з різних ґрунтових шарів. Розвиток кореневої системи впливає на водний і поживний режими рослин, їхню стійкість до несприятливих умов та загальну продуктивність, що необхідно враховувати під час вибору агротехнічних заходів.

Коренева система соняшнику характеризується добре вираженим стрижневим коренем, який за сприятливих умов здатний проникати в глибокі шари ґрунту на 2–3 м. Водночас її бічні відгалуження поширюються в горизонтальному напрямку, освоюючи значний об'єм ґрунту. Така будова дає змогу рослинам використовувати вологу й поживні елементи з різних ґрунтових горизонтів, а за інтенсивного розвитку культури може супроводжуватися суттєвим використанням запасів ґрунтової вологи та мінеральних сполук [5].

Попри значну глибину проникнення головного кореня, важливу роль у водному та мінеральному живленні соняшнику відіграють бічні корені, значна частина яких розміщується у верхньому шарі ґрунту на глибині 5–30 см. За наведеними в літературі даними, на цю частину кореневої системи може припадати до 70 % поглинання води та поживних речовин. Перший ярус бічних коренів формується поблизу поверхні ґрунту. Спочатку вони розвиваються переважно горизонтально, а після віддалення приблизно на 10–40 см від головного кореня починають заглиблюватися, формуючи численні дрібні

розгалуження. Окремі корені цього ярусу можуть досягати глибини 50–70 см. Другий ярус утворюється нижче, приблизно на відстані 30–50 см від поверхні ґрунту. Його корені спрямовуються вглиб під певним кутом, інтенсивно розгалужуються та формують розвинену мережу. За відповідних умов окремі бічні корені проникають на глибину 90–100 см. Крім головного кореня та його бічних відгалужень, у соняшнику можуть формуватися додаткові корені, що розвиваються з ділянки підсім'ядольного коліна за достатнього зволоження ґрунту. Спочатку вони ростуть переважно горизонтально або під невеликим кутом до вертикальної осі рослини, а згодом заглиблюються в ґрунт [6].

Глибоке проникнення та значне розгалуження кореневої системи є однією з важливих біологічних передумов посухостійкості соняшнику. Завдяки освоєнню нижніх ґрунтових горизонтів рослини здатні поглинати воду, яка залишається доступною за недостатнього зволоження поверхневого шару. Згідно з літературними даними, використання вологи з глибоких шарів ґрунту може забезпечувати близько 44–53 % загальної потреби культури у воді [7]. Однак здатність соняшнику витримувати дефіцит вологи не означає його незалежності від умов зволоження. Водозабезпеченість рослин визначається не лише кількістю опадів упродовж вегетаційного періоду, а й особливостями їх розподілу, накопиченням і збереженням вологи в ґрунті, а також ефективністю її використання рослинами.

Таким чином, морфологічна будова та функціональна активність кореневої системи мають істотне значення для формування водного режиму соняшнику, його росту, розвитку й продуктивності. Вивчення взаємозв'язку між рівнем ґрунтової вологи, розвитком коренів і формуванням урожаю дає змогу визначити чинники, що обмежують продуктивність культури за різних умов зволоження, та обґрунтувати агротехнічні заходи, спрямовані на ефективніше використання ґрунтових водних ресурсів.

Соняшник належить до культур, здатних порівняно добре переносити нестачу вологи, проте його формування врожаю супроводжується значним споживанням води. За літературними даними, на утворення 1 ц насіння

рослини використовують приблизно 140–180 т води, а загальні витрати впродовж вегетаційного періоду можуть становити 3000–6000 т/га. Потреба у воді змінюється залежно від етапу розвитку: від появи сходів до формування кошика витрачається близько 20–30 % загальної кількості, у період від утворення кошика до цвітіння — 40–50 %, а від цвітіння до достигання — 30–40 % [1].

Водозабезпечення рослин має особливе значення для формування олійності насіння. Найбільш чутливими до погодних умов і запасів доступної ґрунтової вологи є фази утворення кошиків та цвітіння, коли закладаються передумови подальшого накопичення олії [8]. За результатами досліджень Г. В. Піньковського, С. П. Танчика та В. М. Тоцького, достатня кількість вологи в ґрунті під час цвітіння є однією з важливих умов отримання високого врожаю. Загальне водоспоживання соняшнику протягом вегетації оцінюється в межах 3900–5800 м³/га, тоді як одна рослина за цей період може випаровувати приблизно 200 л води [9].

На накопичення жиру в насінні впливають не лише запаси вологи, а й температура повітря, кількість атмосферних опадів та забезпеченість рослин елементами мінерального живлення. За умов достатнього зволоження та помірнішої температури в періоди цвітіння й наливання сім’янок створюються сприятливі передумови для інтенсивнішого накопичення олії. Натомість за поєднання високої температури й дефіциту води її вміст у насінні може зменшуватися. Отже, негативний вплив посухи визначається одночасною дією теплового стресу та недостатнього водозабезпечення [10].

З огляду на це, оцінювання впливу температурного режиму на соняшник необхідно здійснювати з урахуванням сучасних кліматичних змін і їхнього прояву в конкретних агроекологічних умовах. Особливої уваги потребують зміни співвідношення тепла й вологи, оскільки вони безпосередньо позначаються на рості рослин, формуванні генеративних органів і рівні врожайності.

Вплив температури на ріст і розвиток соняшнику. За температурними

потребами соняшник належить до культур із біологічним мінімумом близько +5 °С. Для повного проходження вегетаційного циклу й достигання насіння необхідне накопичення суми активних температур на рівні приблизно 2000–2300 °С [5]. Для ранньостиглих гібридів мінімальна сума ефективних температур, за даними окремих досліджень, становить не менше 1450 °С [6].

Температура ґрунту під час сівби є одним із чинників, що визначають швидкість проростання насіння та подальший розвиток рослин. О. О. Коваленко зазначає, що проведення сівби за прогрівання ґрунту до 8–10 °С може сприяти підвищенню врожайності на 0,22–0,46 т/га та збільшенню виходу олії на 188–271 кг/га [11]. Водночас результати досліджень М. С. Скидана та В. О. Скидана свідчать про негативний вплив запізнення із сівбою. За підвищення температури ґрунту на глибині загортання насіння до 10–12 °С урожайність знизилася з 2,22 т/га за рекомендованого строку сівби до 1,96 т/га за пізнього [12].

Інші результати отримав І. Д. Дудяк під час вивчення різних строків сівби. Згідно з його спостереженнями, ранні посіви характеризувалися значним рівнем забур’яненості, тоді як за середніх і пізніх строків цей показник був помірнішим. Водночас урожайність за ранньої та середньої сівби перевищувала відповідний показник пізніх посівів. За порівняння з середнім строком сівби збір олії з гектара за раннього строку був меншим на 0,06 т, а за пізнього — на 0,13 т [61].

Таким чином, обґрунтування строків сівби потребує врахування температури ґрунту, особливостей гібрида, забезпеченості вологою та ризику забур’янення. Надмірне відтермінування сівби може скорочувати період вегетації та обмежувати реалізацію продуктивного потенціалу культури. Водночас дані Інституту олійних культур НААН свідчать, що за певних умов урожайність соняшнику за ранніх і середніх строків сівби може бути близькою [13].

Сходи соняшнику здатні витримувати короткочасне зниження температури до −5 °С, хоча такі умови можуть затримувати початковий ріст.

У період активного розвитку та формування врожаю, який зазвичай охоплює літні місяці, сприятливою вважається температура близько 25 °C. За зниження температури нижче 20 °C або її підвищення понад 30 °C інтенсивність фотосинтезу може зменшуватися [14].

За дослідженнями R. M. Aiken, температурний оптимум фотосинтетичної діяльності соняшнику становить приблизно 25 °C. За нагрівання до 40 °C ріст рослин істотно пригнічується, а фотосинтетичні процеси можуть припинятися. Водночас оптимальна температура фотосинтезу залежить від інтенсивності сонячної радіації та водозабезпечення: за достатнього надходження води зі збільшенням освітленості оптимум може зміщуватися в бік вищих температур, тоді як дефіцит вологи знижує температурний діапазон, сприятливий для продуктивного фотосинтезу [2].

У першій половині вегетації сприятливою для росту соняшнику є температура близько 22 °C, а від цвітіння до достигання — приблизно 24–25 °C. Тривале перевищення 30 °C негативно позначається на фізіологічних процесах рослин. Потреба в теплі також залежить від скоростиглості генотипу: сума температур понад 10 °C за вегетаційний період для швидкорослих форм становить близько 1850 °C, ранньостиглих — 2000 °C, середньостиглих — 2150 °C. Приблизно 62 % теплових ресурсів припадає на період від появи сходів до цвітіння, а решта 38 % — на етап від цвітіння до достигання [15].

У фазу цвітіння та під час подальшого формування насіння оптимальним вважається температурний діапазон 25–27 °C. За підвищення температури до 30 °C і вище відбувається погіршення умов росту, а за 40 °C фотосинтез може припинятися. Весняні заморозки до −5…−6 °C зазвичай не спричиняють істотного пошкодження рослин, але здатні послаблювати їхній розвиток. Осіннє зниження температури приблизно до −3 °C може призводити до загибелі рослин [16].

Значення світла та тривалості дня. Соняшник характеризується як

світлолюбна культура короткого дня, для нормального розвитку якої необхідне достатнє сонячне освітлення. За умов затінення сповільнюється ріст, стебла можуть надмірно видовжуватися, а кошики формуються меншими. Такі зміни погіршують умови формування врожаю та можуть спричиняти зниження продуктивності посівів.

Тривалість вегетаційного періоду залежить від генетичних особливостей сорту або гібрида, еколого-географічної зони та погодних умов року. Від появи сходів до господарської стиглості скоростиглим формам потрібно приблизно 70–100 днів, ранньостиглим — 80–120, середньостиглим — 102–142 дні, а пізньостиглим — понад 142 дні [17].

Отже, забезпечення посівів достатнім освітленням і правильне розміщення рослин у просторі сприяють ефективнішому використанню сонячної енергії. У поєднанні з оптимальним температурним режимом це створює передумови для активного фотосинтезу та формування високопродуктивного агроценозу.

Вплив погодних умов і кліматичних змін. Вологість ґрунту та температурний режим повітря тісно взаємопов’язані й визначають умови формування кошика соняшнику. Особливо чутливими до їхнього несприятливого поєднання рослини стають у період цвітіння. За результатами досліджень В. Скидана та М. Скидана, дефіцит ґрунтової вологи й підвищена температура в цей період призводять до формування кошиків меншого діаметра, уповільнення утворення квіток і зменшення кількості повноцінних сім’янок. Одним із наслідків водного стресу є збільшення частки невиповненого насіння, що безпосередньо знижує врожайність. Негативний ефект посилюється за низької відносної вологості повітря [18].

Умови вирощування соняшнику суттєво відрізняються залежно від регіону, а з часом змінюються під впливом кліматичних процесів. Для центральної частини Правобережного Лісостепу України впродовж останніх десятиліть відзначено тенденцію до погіршення вологозабезпечення сільськогосподарських культур. Порівняння періодів 1998–2007 і 2008–2017

рр. показало зменшення середньорічної кількості опадів на 32 мм, а опадів за вегетаційний період — на 51 мм. Гідротермічний коефіцієнт за травень–серпень знизився з 1,32 до 1,06, тоді як середньорічна температура повітря підвищилася з 8,6 до 9,3 °С. Такі зміни свідчать про посилення дефіциту вологи, особливо в південно-східній частині регіону, де умови наближаються до характерних для північного Степу [19].

За таких обставин волога стає одним із головних чинників, що обмежують продуктивність соняшнику в Правобережному Лісостепу. Тому під час удосконалення технологій його вирощування необхідно враховувати не тільки середні багаторічні кліматичні показники, а й мінливість опадів, температурні аномалії та запаси продуктивної вологи в ґрунті на початку й упродовж вегетації.

*Вимоги соняшнику до ґрунтових умов.*Ґрунтові характеристики визначають доступність води, повітря та елементів живлення, а також можливості розвитку кореневої системи. Найбільш сприятливими для вирощування соняшнику вважаються глибокі чорноземи й каштанові ґрунти з нейтральною або слабокислою реакцією ґрунтового розчину в межах pH 6,0–7,2. Легкі піщані, кислі та сильно засолені ґрунти є менш придатними для цієї культури [20].

Важливе значення має й фізичний стан ґрунту. Для чорноземів сприятливою вважається щільність у межах 1,2–1,7 г/см³. Надмірне ущільнення або перезволоження може обмежувати надходження кисню до коренів, погіршувати поглинання води й поживних речовин, стримувати розвиток кореневої системи та надземних органів. У результаті знижується ефективність використання ґрунтових ресурсів і погіршуються умови формування врожаю.

Потреба в елементах мінерального живлення. Соняшник характеризується значним споживанням елементів мінерального живлення. За наведеними в літературі розрахунками, для формування 1 ц насіння рослини можуть використовувати близько 5–6 кг азоту, 2–2,5 кг фосфору та 10–12 кг

калію. Особливо інтенсивне поглинання поживних речовин відбувається від формування кошика до цвітіння, коли швидко збільшується вегетативна маса та формуються генеративні органи [21].

Попри відносно меншу потребу у фосфорі порівняно з азотом і калієм, цей елемент має важливе фізіологічне значення. Він бере участь у розвитку кореневої системи, формуванні квіток і процесах накопичення олії. За окремими дослідженнями, соняшник може позитивно реагувати на фосфорне удобрення, навіть якщо загальний винос азоту з урожаєм є вищим [22].

Через низьку рухомість фосфору та калію в ґрунті внесення відповідних добрив доцільно планувати під основний обробіток ґрунту. Як орієнтовні значення в літературі наведено норми фосфорних добрив 30–60 кг/га діючої речовини P_2O_5 і калійних — 0–60 кг/га K_2O. Водночас необхідність і дозу калійного удобрення слід визначати з урахуванням гранулометричного складу ґрунту та його забезпеченості калієм. На важких ґрунтах і ділянках із проявами солонцюватості потреба в таких добривах може бути обмеженою. Для соняшнику також важливо враховувати форму добрива: джерело рекомендує уникати калійних добрив, що містять хлор, з огляду на фізіологічні особливості культури [23].

О. Ф. Туєва звертає увагу на важливість своєчасного забезпечення рослин фосфором. Якщо культура тривалий час відчувала його дефіцит, різке надходження значної кількості елемента пізніше не завжди забезпечує негайний позитивний ефект. Тому за недостатньої забезпеченості фосфором його рекомендують вносити до сівби або безпосередньо під час сівби. Повноцінне фосфорне живлення також має значення для підтримання стійкості рослин до нестачі води [24].

В інших джерелах наведено дещо відмінні показники виносу поживних речовин: для формування 1 ц насіння соняшник може використовувати близько 6,5 кг азоту, 2,7 кг фосфору та 15,5 кг калію. Незважаючи на значний винос калію, на чорноземах із високим природним рівнем забезпеченості цим елементом більш вираженою може бути потреба в азотному та фосфорному

удобренні. Для зрошуваних земель як один із варіантів наведено систему живлення $N_{60}P_{120}K_{60}$ [25].

Загалом соняшник характеризується значним споживанням калію. Наприклад, за формування врожаю насіння на рівні 2,1 т/га загальний винос цього елемента може становити близько 235 кг/га, тоді як фосфору — 45 кг/га, азоту — 120 кг/га. Проте фактична потреба у внесенні калійних добрив визначається не тільки його виносом, а й доступними запасами в ґрунті. На чорноземах із високим умістом обмінного калію його дефіцит може не проявлятися навіть за значного споживання культурою [26].

Таким чином, азот, фосфор і калій відіграють провідну роль у мінеральному живленні соняшнику, проте вплив кожного елемента залежить від його доступності, співвідношення з іншими поживними речовинами та забезпеченості рослин водою. Азот і фосфор особливо важливі на ранніх етапах розвитку та до цвітіння, оскільки беруть участь у формуванні вегетативної маси й генеративних органів. Повноцінне живлення сприяє формуванню кошика, насіння та накопиченню в ньому білка й олії.

Система удобрення соняшнику. Під час формування системи удобрення необхідно враховувати родючість ґрунту, попередник, запаси вологи та заплановану врожайність. У науковій літературі розглядають поєднання органічних і мінеральних добрив як один із підходів до поліпшення живлення культури. Водночас окремі дослідники, зокрема О. В. Демиденко та І. Марчук, наголошують на доцільності використання традиційних органічних і мінеральних засобів удобрення [27].

Технологічно система удобрення соняшнику може включати основне внесення добрив, рядкове внесення під час сівби та підживлення. Культура здатна використовувати післядію органічних добрив, тому в сівозміні її доцільно розміщувати після попередників, під які вносили гній. За даними літератури, застосування 20–30 т/га гною залежно від умов зволоження може забезпечувати приріст урожайності насіння на 0,2–0,5 т/га. Орієнтовні норми мінерального удобрення наведено в межах 45–90 кг/га діючої речовини азоту,

фосфору й калію. За відповідних умов на кожен кілограм діючої речовини мінеральних добрив може припадати 1,2–1,5 кг додатково отриманого насіння [28].

Ефективність удобрення тісно пов’язана з водозабезпеченням. За достатньої кількості вологи корені активніше поглинають мінеральні елементи, зокрема азот, тоді як за посушливих умов засвоєння поживних речовин обмежується. Тому систему удобрення слід узгоджувати з фактичним станом ґрунту, його забезпеченістю вологою та прогнозованими умовами вегетації [29].

Вплив густоти стояння рослин на продуктивність. Окрім температури, водного режиму, освітлення та мінерального живлення, важливим регулятором продуктивності соняшнику є густота стояння рослин. Вона визначає характер використання площі живлення, доступність води й поживних речовин, а також рівень конкуренції між рослинами.

За дослідженнями М. Б. Грабовського, правильно підібрана густота стояння є однією з передумов формування високого врожаю насіння. Зі збільшенням кількості рослин на одиниці площі зазвичай зменшується діаметр кошиків, тоді як за розрідженого розміщення рослини можуть формувати більші кошики та крупніше насіння. Однак така компенсація не завжди забезпечує вищу врожайність із гектара, оскільки менша кількість рослин обмежує загальну кількість кошиків на площі. Крім того, великі кошики можуть достигати повільніше [30].

У дослідах М. Б. Грабовського гібрид соняшнику Ригасол ОР формував найбільші кошики за густоти 30 тис. рослин/га, а найменші — за 80 тис. рослин/га [31]. Ці результати демонструють вплив густоти на морфологічні характеристики рослин, але оптимальне значення для отримання максимального врожаю необхідно визначати з урахуванням конкретних умов вирощування.

О. І. Зінченко та С. В. Рогальський зазначають, що в південній частині Правобережного Лісостепу України скоростиглі сорти соняшнику доцільно

висівати в другій декаді квітня за густоти близько 60 тис. рослин/га. За таких умов, згідно з їхніми даними, можна отримувати врожайність понад 20 ц/га [32].

Інший напрям оптимізації просторового розміщення рослин пов’язаний зі зменшенням ширини міжрядь. Ю. І. Ткаліч, І. Д. Ткаліч, О. В. Бочевар та А. В. Кохан розглядають можливість вирощування соняшнику з міжряддями 30–35 см і навіть 15 см за густоти 70–75 тис. рослин/га. Звуження міжрядь сприяє рівномірнішому розподілу рослин на площі, що за відповідних умов може зменшувати конкуренцію за ресурси середовища та підвищувати врожайність [33].

Водночас оптимальна густота істотно залежить від запасів ґрунтової вологи. За результатами досліджень учених Миколаївського національного аграрного університету, за глибини промочування ґрунту 0,6–1,0 м густоту перед збиранням урожаю для середньоранніх гібридів рекомендовано обмежувати приблизно 30 тис. рослин/га, а для скоростиглих — 40 тис. рослин/га. Якщо ґрунт зволожений на глибину до 1,5 м, густоту можна збільшувати до 40–45 тис. рослин/га, а за промочування до 2 м — до 45–50 тис. рослин/га [34].

Отже, встановлення оптимальної густоти стояння соняшнику потребує комплексного врахування групи стиглості гібрида, строку сівби, ширини міжрядь, родючості ґрунту та запасів доступної вологи. Надмірне загущення за обмеженого водозабезпечення посилює конкуренцію між рослинами, тоді як занадто розріджені посіви можуть не забезпечувати повного використання ресурсів поля.

Узагальнення біологічних вимог соняшнику. Ріст, розвиток і продуктивність соняшнику залежать від сукупної дії основних чинників життя — води, тепла, світла, ґрунтових умов, мінерального живлення та густоти стояння рослин. Їхній вплив не є ізольованим: наприклад, підвищення температури за недостатнього зволоження посилює водний стрес, а нестача вологи обмежує засвоєння поживних речовин. Водночас належне

забезпечення рослин елементами живлення не завжди компенсує несприятливий температурний або водний режим.

Для умов Правобережного Лісостепу України особливо важливим є врахування тенденції до посилення дефіциту вологи. Це передбачає добір адаптованих гібридів, обґрунтування строків сівби, регулювання густоти стояння та застосування системи удобрення відповідно до запасів ґрунтової вологи й забезпеченості поживними речовинами. Комплексне врахування зазначених чинників створює передумови для ефективнішого використання біокліматичного потенціалу регіону, стабілізації врожайності та підвищення якості насіння соняшнику.

1.2. Вплив біопрепаратів на продуктивність соняшнику

Біопрепарати є засобами природного походження, застосування яких для передпосівної обробки насіння та обприскування вегетуючих рослин сприяє регулюванню процесів їх росту й розвитку. Їх використання підвищує ефективність сільськогосподарського виробництва завдяки активізації фізіологічних процесів у рослинному організмі. Зокрема, біопрепарати можуть стимулювати відновлення клітин, впливати на формування захисних реакцій та посилювати стійкість рослин до несприятливих чинників навколишнього середовища. У результаті поліпшується функціонування агроценозів і створюються передумови для підвищення їх продуктивності [35, 36].

Мікориза є поширеним явищем у природних рослинних угрупованнях і виникає внаслідок симбіотичної взаємодії кореневої системи рослин із мікоризними грибами. Після заселення коренів грибні гіфи розростаються в ґрунті, утворюючи зовнішній міцелій, який забезпечує зв’язок між рослиною та ґрунтовим середовищем. Однією з основних переваг такого симбіозу є поліпшення фосфорного живлення рослин, оскільки мікоризні гриби здатні поглинати фосфати з ґрунту та передавати їх рослині-господарю. Крім того, мікоризна взаємодія сприяє засвоєнню інших важливих мікроелементів,

зокрема міді, цинку та нікелю. Водночас мікориза може підвищувати захищеність рослин від ґрунтових патогенів, обмежуючи розвиток мікроорганізмів, що спричиняють ураження кореневої системи.

У наукових працях [37-39] підкреслюється, що мікоризоутворювальні гриби відіграють важливу роль не лише у збільшенні площі поглинальної поверхні кореневої системи, а й у регулюванні метаболічних процесів, які забезпечують обмін речовинами між грибом і клітинами рослини. Оскільки мікоризні гриби належать до гетеротрофних організмів, для забезпечення своєї життєдіяльності вони використовують вуглеводи, зокрема розчинні цукри, синтезовані в листках рослини-господаря. У процесі симбіотичної взаємодії гриби продукують фізіологічно активні речовини, які можуть впливати на перерозподіл вуглеводів між рослиною та грибним компонентом і сприяти активізації фотосинтетичної діяльності. Крім того, у рослин, що перебувають у мікоризному симбіозі, може посилюватися інтенсивність дихання, унаслідок чого утворюється додаткова енергія, необхідна для активнішого синтезу органічних сполук, зокрема білків і вуглеводів.

Ендотрофна мікориза є одним із найпоширеніших типів мікоризного симбіозу, характерним для значної частини рослин. Її формування відбувається завдяки проникненню грибного міцелію в тканини кореня: гіфи розростаються між клітинами, а також проникають усередину них. При цьому кореневі волоски переважно зберігаються, а окремі гіфи виходять за межі кореневої системи та поширюються в ґрунті. Завдяки розгалуженій системі гіф ендомікоризні гриби здатні колонізувати значну частину кореня, що посилює взаємодію між грибом і рослиною. У процесі розвитку такого симбіозу можуть утворюватися характерні деревоподібні структури — арбускули, а також потовщені грибні утворення — везикули. Залежно від особливостей будови та формування цих структур розрізняють арбускулярну мікоризу (АМ) та арбускулярно-везикулярну мікоризу (АВМ). На відміну від ектотрофної мікоризи, за ендотрофного типу грибні гіфи не формують щільного зовнішнього чохла навколо кореня [40-42].

Для забезпечення активного росту й розвитку сільськогосподарських культур важливе значення має застосування симбіотичних мікроорганізмів, які виконують різні функції в рослинному організмі та ґрунтовому середовищі. Залежно від їхніх властивостей, такі мікроорганізми можуть брати участь у фіксації атмосферного азоту, мобілізації фосфатів, покращенні засвоєння елементів живлення та захисті рослин від фітопатогенних організмів. Використання цих біологічних механізмів сприяє оптимізації мінерального живлення культур і створює передумови для зменшення пестицидного навантаження на агроценози [43,44,50].

Розгалужена система гіф мікоризних грибів, що поширюється за межі кореневої системи, збільшує об’єм ґрунту, з якого рослина може отримувати воду та поживні речовини. Ефективність цього процесу залежить від властивостей конкретного елемента живлення, його концентрації й доступності в ґрунті, фізіологічних потреб рослини та інтенсивності поглинання [45, 51].

У міру надходження поживних речовин до коренів і грибних гіф їхня концентрація в безпосередній близькості до поглинальної поверхні знижується. Особливо виразно це проявляється тоді, коли швидкість переміщення елементів у ґрунті є нижчою за інтенсивність їх поглинання. За таких умов визначальним чинником надходження поживної речовини стає швидкість її транспортування до поверхні коренів або гіф, а не лише фізіологічна здатність рослини до засвоєння. Цей механізм має особливе значення для фосфорного живлення, оскільки концентрація фосфору в ґрунтовому розчині зазвичай є низькою [46, 52].

Основною доступною для рослин формою фосфору є ортофосфати, які переміщуються в ґрунті переважно шляхом дифузії. Через обмежену рухливість цих сполук коренева система може поглинати їх лише з невеликої ділянки ґрунту поблизу своєї поверхні — на відстані кількох міліметрів. Натомість гіфи мікоризних грибів проникають у віддаленіші ґрунтові горизонти та забезпечують доступ рослин до фосфору на значно більшій відстані, яка, за наведеними даними, може сягати 12 см [47, 53].

Мікоризні гриби характеризуються високою здатністю поглинати фосфати з ґрунтового розчину. Крім того, існують підстави вважати, що гриби арбускулярної мікоризи можуть сприяти надходженню фосфору з окремих сполук, які є малодоступними для кореневої системи рослин [48, 54]. Завдяки цьому мікоризний симбіоз відіграє важливу роль у поліпшенні фосфорного живлення та ефективнішому використанні ґрунтових запасів цього елемента.

Окрім фосфору, мікоризна взаємодія може сприяти засвоєнню рослинами азоту та низки мікроелементів, зокрема цинку, міді й заліза. У науковій літературі наведено численні свідчення того, що арбускулярна мікориза впливає не лише на забезпеченість рослин поживними речовинами, а й на їхню здатність протистояти несприятливим умовам навколишнього середовища. Зокрема, такий симбіоз може відігравати певну роль у підвищенні стійкості рослин до посухи, засолення ґрунту та впливу важких металів [49, 55-60].

Отже, аналіз наукових праць вітчизняних і зарубіжних учених засвідчує важливість азотфіксуючих і фосфатмобілізуючих мікроорганізмів, зокрема вільноживучих бактерій, мікроміцетів та грибів арбускулярної мікоризи, у забезпеченні рослин елементами мінерального живлення. Їхня діяльність сприяє підвищенню доступності поживних речовин, зокрема фосфору, з важкорозчинних мінеральних і органічних сполук. Водночас особливості функціонування цих мікроорганізмів в агроекологічних умовах Лісостепу України та їхній вплив на продуктивність сільськогосподарських культур потребують подальшого вивчення. Це зумовлює актуальність дослідження взаємодії мікоризних грибів і бактерій із кореневою системою соняшнику, визначення їхнього впливу на ріст і розвиток рослин, урожайність та якість насіння, а також оцінювання змін основних властивостей ґрунту. Комплексне вивчення зазначених процесів дасть змогу поглибити розуміння ролі мікробно-рослинної взаємодії у формуванні продуктивності соняшнику та обґрунтувати можливості ефективнішого використання біологічних чинників у технології його вирощування

РОЗДІЛ 2
ГРУНТОВО-КЛІМАТИЧНІ УМОВИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дипломна робота з формування продуктивності досліджуваних гібридів соняшнику, залежно від біопрепаратів проводились в Правобережному Лісостепу України у 2025–2026 рр. у дослідах БЦДСС ІБКІЦБ НААН.

2.1. Ґрунтово-кліматичні умови проведення досліджень

Дослідження проводили на базі Білоцерківської дослідно-селекційної станції, розташованої в зоні нестійкого зволоження Правобережного Лісостепу України. Географічні координати місця проведення дослідів становлять 30°06′ західної довготи та 49°43′ північної широти.

Дослідні ділянки розміщувалися на чорноземі типовому глибокому малогумусному, крупнопилувато-середньосуглинкового гранулометричного складу. В орному шарі ґрунту вміст крупнопилуватих частинок становив 46,8–54,4 %, мулуватих — близько 17 %, піску — 8,2–17,5 %, а фізичної глини — 26,4–30,1 %. На глибині 55–65 см залягали карбонати кальцію та магнію. Ґрунтові води знаходилися на глибині близько 8 м. Поверхня дослідної території характеризувалася рівнинним рельєфом.

За результатами агрохімічного аналізу, вміст гумусу в ґрунті, визначений за методом Тюріна, становив 3,5 %. Гідролітична кислотність за методом Каппена дорівнювала 2,41 мг-екв./100 г ґрунту. Уміст лужногідролізованого азоту, визначеного за Корнфільда методом, становив 134 мг/кг ґрунту, рухомих сполук фосфору (P_2O_5), визначених за Чирікова методом, — 276 мг/кг, обмінного калію (K_2O) (98 мг/кг). Ступінь насиченості ґрунту основами досягав 90 %.

До основних фізичних і водно-фізичних характеристик ґрунту належали максимальна гігроскопічність на рівні 5,5 % та питома маса твердої фази 2,61. Польова вологоємність за об’ємної маси ґрунту 1,2 г/см³ становила приблизно

26 %, тоді як за збільшення об’ємної маси до 1,3 г/см³ цей показник знижувався до близько 18 %.

Таким чином, за сукупністю морфологічних, агрохімічних і водно-фізичних властивостей ґрунт дослідної ділянки є характерним для Білоцерківського агроґрунтового району центральної частини Лісостепу України. Наведені характеристики визначають ґрунтові умови проведення досліджень і свідчать про придатність цієї території для вирощування соняшнику.

2.2. Погодні умови в роки проведення досліджень

Упродовж квітня–жовтня 2025 року погодні умови в районі Білоцерківської дослідно-селекційної станції характеризувалися нерівномірним розподілом температури повітря та атмосферних опадів. У квітні середньомісячна температура становила 10,4 °С, що перевищувало багаторічний показник (8,4 °С), тоді як кількість опадів була меншою за норму — 29,3 мм проти 47 мм. У травні температура повітря становила 13,4 °С, що було нижче багаторічного значення 14,9 °С. Водночас кількість опадів досягла 141,1 мм, майже втричі перевищивши кліматичну норму (46 мм). Таке поєднання температурного режиму та надмірного зволоження могло впливати на повітряний режим ґрунту й умови росту рослин (рис.2.1, 2.2).

У червні середньомісячна температура повітря підвищилася до 19,4 °С, перевищивши багаторічний показник 17,8 °С. Кількість опадів становила 38,7 мм за норми 73 мм, що свідчило про дефіцит атмосферного зволоження. У липні спостерігалося подальше підвищення температури до 22,3 °С за багаторічного значення 19,0 °С. При цьому випало 114,3 мм опадів, що перевищувало норму (85 мм) і частково компенсувало нестачу вологи попереднього місяця.

У серпні температура повітря становила 19,3 °С, дещо перевищуючи багаторічний показник 18,4 °С. Проте кількість опадів була вкрай низькою — лише 10,5 мм за норми 60 мм. Такий дефіцит вологи на тлі підвищеної температури міг створювати несприятливі умови для росту рослин і формування

врожаю. У вересні середньомісячна температура становила 16,2 °С проти багаторічних 13,8 °С, а кількість опадів — 35,9 мм, що було близьким до кліматичної норми (35 мм). У жовтні температура знизилася до 8,7 °С, залишаючись вищою за багаторічне значення 7,9 °С. Кількість опадів становила 72,3 мм, що більш ніж удвічі перевищувало норму 33 мм.

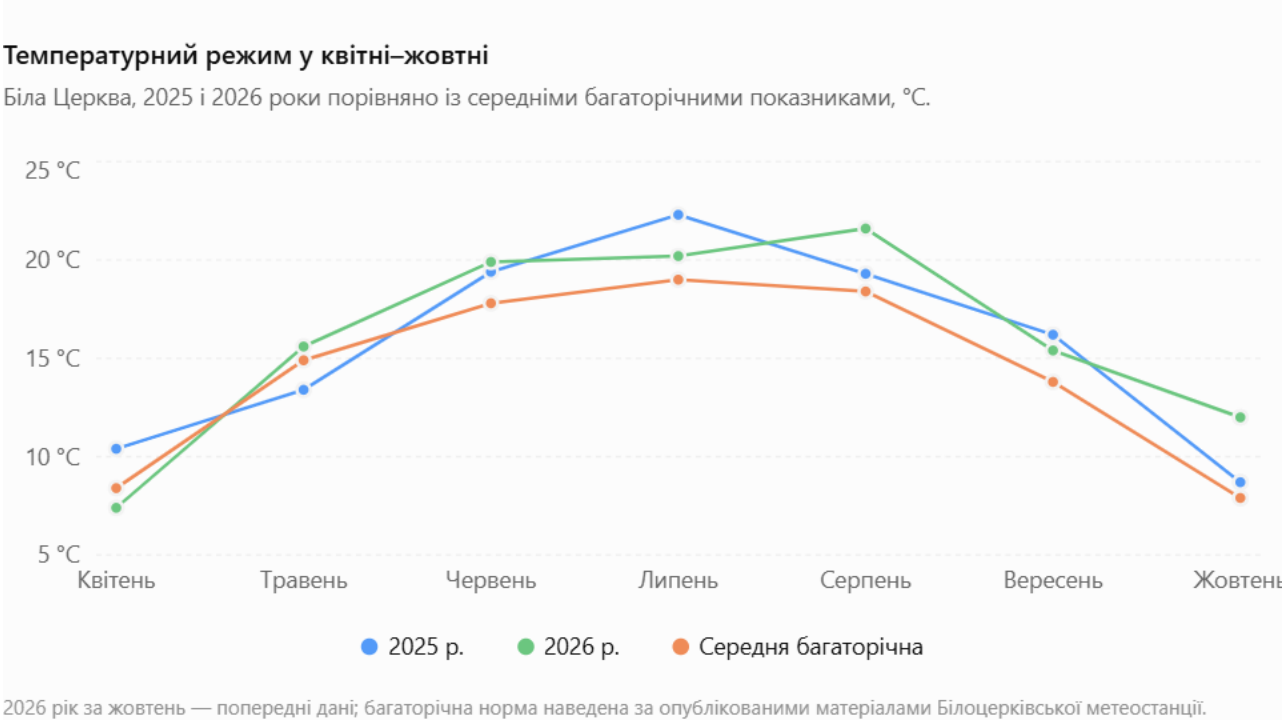

Рис. 2.1. Температура повітря у 2025 та 2026 роках за вегетаційний період, БЦДСС

У квітні–жовтні 2026 року погодні умови характеризувалися прохолоднішою весною, підвищеними температурами в літні місяці та нерівномірним надходженням опадів. У квітні середньомісячна температура повітря становила 7,4 °С, що було на 1,0 °С нижче багаторічного показника (8,4 °С). Кількість опадів дорівнювала 38,4 мм за норми 47 мм, тобто була дещо меншою за середнє багаторічне значення.

У травні температура повітря підвищилася до 15,6 °С, перевищивши багаторічну норму 14,9 °С. Водночас кількість опадів становила 58,2 мм, що було дещо більше за показник 2025 року в квітні, але лише трохи перевищувало багаторічну норму для травня (46 мм). У червні середньомісячна температура

досягла 19,9 °С, перевищивши кліматичне значення 17,8 °С. Опадів випало 44,4 мм за норми 73 мм, що вказувало на недостатнє атмосферне зволоження.

У липні температура повітря становила 20,2 °С, перевищуючи багаторічний показник 19,0 °С. Однак кількість опадів була значно нижчою за норму: 23,7 мм проти 85 мм. Така ситуація могла спричиняти дефіцит ґрунтової вологи в період інтенсивного росту та розвитку рослин. У серпні зафіксовано найвищу середньомісячну температуру за розглянутий період — 21,6 °С, що на 3,2 °С перевищувало багаторічний показник (18,4 °С). Кількість опадів становила лише 13,0 мм за норми 60 мм. Поєднання підвищеної температури й нестачі вологи могло посилювати водний стрес рослин.

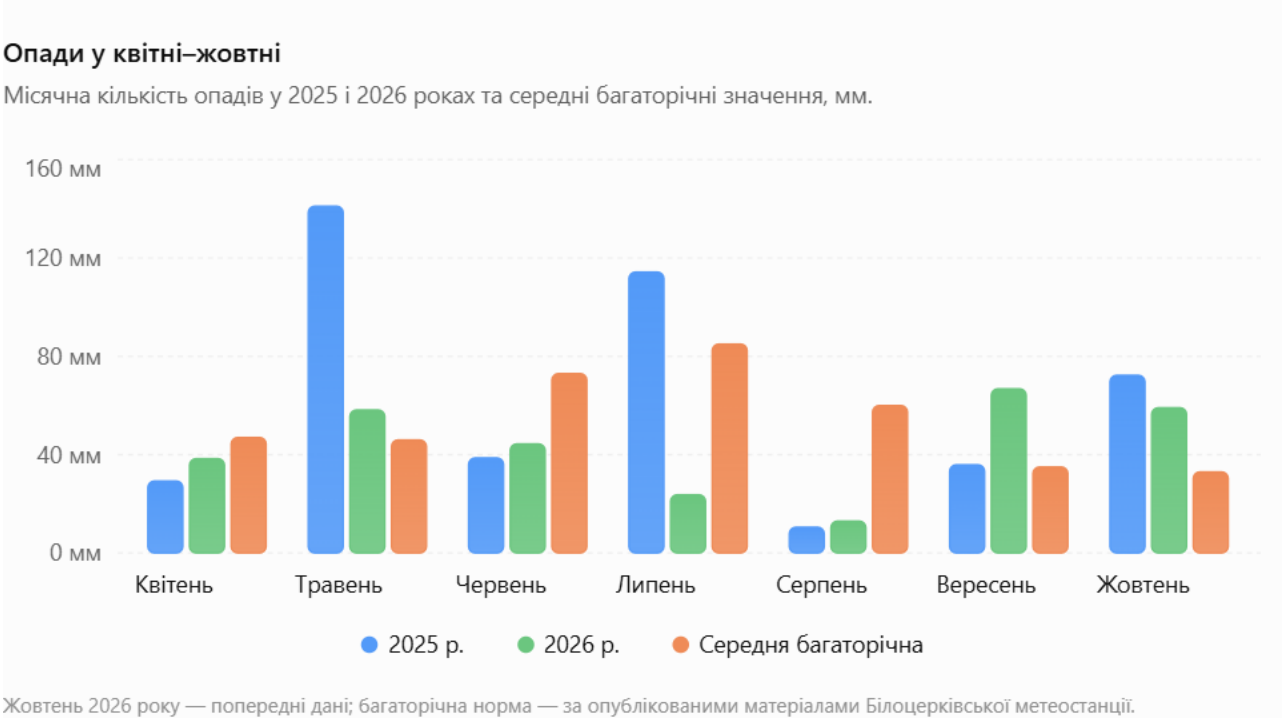

Рис. 2.2. Кількість опадів у 2025 та 2026 роках за вегетаційний період, БЦДСС

У вересні температура повітря знизилася до 15,4 °С, проте залишалася вищою за багаторічний показник 13,8 °С. Кількість опадів становила 66,8 мм, майже вдвічі перевищивши норму 35 мм, що могло поліпшити зволоження ґрунту наприкінці вегетаційного періоду. За попередніми даними за жовтень 2026 року, середньомісячна температура становила близько 12,0 °С за

багаторічного значення 7,9 °С, а кількість опадів — 59,1 мм за норми 33 мм. Оскільки місяць ще не завершився, ці показники слід вважати попередніми.

Отже, погодні умови 2025 року вирізнялися значними коливаннями зволоження: надмірними опадами в травні та липні й вираженим їх дефіцитом у серпні. Температурний режим у більшості місяців, за винятком травня, був теплішим за багаторічну норму. Така мінливість погодних чинників могла зумовлювати неоднакові умови росту й розвитку соняшнику протягом вегетаційного періоду.

У 2026 році температурний режим із травня до жовтня переважно перевищував багаторічні значення, особливо в серпні. Найбільш несприятливе поєднання високої температури та дефіциту опадів спостерігалося в липні–серпні. Збільшення кількості опадів у вересні та жовтні сприяло поповненню запасів ґрунтової вологи, однак фактичний вплив цих умов на продуктивність соняшнику залежав від фази розвитку культури та запасів вологи в ґрунті.

Порівняння погодних умов свідчить, що в обидва роки спостерігався нерівномірний розподіл опадів і переважання температур вище багаторічної норми в літньо-осінній період. Водночас 2025 рік характеризувався значними опадами у травні та липні, тоді як у 2026 році особливо виражений дефіцит вологи спостерігався в липні й серпні. Найпосушливішим місяцем в обох роках був серпень, але у 2026 році дефіцит вологи супроводжувався вищою середньомісячною температурою повітря.

2.3. Мета та завдання, методика проведення досліджень, схема досліду

Мета досліджень з’ясувати особливості впливу симбіотичної взаємодії грибів та бактерій із кореневою системою соняшнику на ріст і розвиток рослин, агрохімічні властивості ґрунту та якісні характеристики насіння..

Для досягнення поставленої мети передбачалося вирішення наступних завдань:

1. Проаналізувати сучасні наукові дані щодо особливостей симбіотичної взаємодії мікоризних грибів і корисних ґрунтових бактерій із кореневою

системою соняшнику.

2. Дослідити вплив застосування мікробіологічних препаратів на ріст і розвиток рослин соняшнику та формування їхньої продуктивності.

3. Визначити вплив симбіотичної взаємодії мікроорганізмів на агрохімічні властивості ґрунту та доступність елементів мінерального живлення для рослин.

4. Оцінити вплив мікробіологічних препаратів на формування врожайності та якісні показники насіння соняшнику.

5. Встановити доцільність використання досліджуваних біопрепаратів у технології вирощування соняшнику на основі комплексної оцінки отриманих результатів.

Об'єкт дослідження – процеси росту та розвитку й формування врожаю рослин досліджуваних гібридів соняшнику залежно від досліджуваних чинників.

Предмет дослідження – гібриди соняшнику; елементи технології вирощування гібридів.

Схема досліду: фактор А – передпосівна обробка насіння (Контрол–вода, обробка мікоризоутворюючим препаратом Мікофренд), фактор Б – гібриди соняшнику – ЕС Белла (ранньостиглий), НК Неома (середньостиглий).

У процесі досліджень біометричні, фізіологічні, фітопатологічні та господарсько цінні показники рослин соняшнику однорічного визначали відповідно до загальноприйнятих методик, зокрема рекомендацій Ермантраута та ін. [168].

1. Для оцінювання обводненості листкового апарату визначали сиру масу листків. У різні фази онтогенезу на кожній повторності відбирали по 25 листків, зважували їх на лабораторних вагах і розраховували середню масу зразка.

2. Упродовж вегетації на захисних смугах кожної повторності відбирали по 10 рослин, викопуючи їх на глибину до 30 см. Кореневу систему відокремлювали на рівні кореневої шийки, очищали від ґрунтових частинок, промивали та підсушували в природних умовах протягом однієї години. Після цього корені зважували на лабораторних вагах і визначали їх середню масу.

3. У встановлені періоди росту й розвитку на кожній повторності відбирали по 25 листків. Для вимірювання їхньої площі використовували мобільний застосунок Petiole, за допомогою якого сканували відібрані зразки. Площу листкової поверхні посіву в перерахунку на один гектар обчислювали за відповідною формулою.

4. Висоту рослин соняшнику вимірювали за допомогою мірної лінійки. На кожній повторності послідовно в одному рядку відбирали 10 рослин, після чого визначали середнє значення показника.

5. Фотосинтетичний потенціал і чисту продуктивність фотосинтезу рослин соняшнику визначали за методикою А. О. Ничипоровича [169].

6. Фітопатологічні обстеження проводили в різні фази росту й розвитку культури. У другій половині вегетації оцінювали ураження стебел і кошиків білою та сірою гнилями, а також стебел і листків пероноспорозом, іржею та фомопсисом. Для виявлення білої й сірої гнилей наприкінці серпня — на початку вересня оглядали по 10 кошиків на кожній повторності, встановлюючи наявність хвороб і ступінь їх розвитку. Ураженість рослин пероноспорозом, іржею та фомопсисом визначали шляхом візуального огляду не менше 10 рослин на кожній повторності.

7. Структуру врожаю насіння соняшнику оцінювали за такими показниками:

- діаметр кошика — вимірювали мірною лінійкою у 10 послідовно розташованих в одному рядку кошиків на кожній повторності, після чого розраховували середнє значення;
- кількість насінин у кошику — визначали шляхом підрахунку насінин у відібраному кошику одночасно з вимірюванням його діаметра;
- маса 1000 насінин — після обмолоту та висушування насіння до вологості 9 % визначали його масу для кожної повторності.

8. Визначення врожайності насіння. На кожній повторності відбирали 10 кошиків, розташованих послідовно в одному рядку. Після обмолоту насіння висушували та зважували для визначення його маси.

9. Встановлення оптимальної норми витрати препарату. Оптимальну норму застосування препарату визначали за показником площі листкової поверхні рослин соняшнику, виміряним на 60-й день вегетації.

10. Оцінювання загальної мікробіологічної активності ґрунту. Вплив грибів Glomus VS і Trichoderma harzianum L., що входять до складу препарату Мікофренд, на загальну мікробіологічну активність ґрунту встановлювали за методикою Г. О. Іутинської [170].

11. Визначення якісних показників насіння. Якість насіння соняшнику оцінювали за показниками олійності та лушпинності. Визначення проводили в лабораторних умовах відповідно до загальноприйнятої методики Інституту експертизи сортів рослин [171].

12. Визначення вологоутримувальної здатності ґрунту. Вплив препарату Мікофренд на вологоутримувальну здатність ґрунту оцінювали за методикою С. Ю. Булигіна та С. В. Вітвіцької [172]. На кожній повторності через 30, 60 і 90 днів вегетації відбирали по одному зразку ґрунту масою 100–150 г із глибини 30 см. Зразки поміщали в бюкси, витримували в сушильній шафі за температури 100 °С протягом 5 хвилин, після чого повторно зважували. Вологоутримувальну здатність визначали за різницею між початковою та кінцевою масою зразків.

13. Визначення структурно-агрегатного стану ґрунту. Структурно-агрегатний стан ґрунту досліджували за методикою В. О. Єщенка [173]. На кожній повторності відбирали зразки ґрунту масою 100–150 г і зважували їх на лабораторних вагах. Далі зразки просіювали через сита з діаметром отворів 0,25 та 10 мм. За отриманими результатами визначали частку агрегатів розміром понад 10 мм і менше ніж 0,25 мм у загальній масі ґрунту.

14. Організація досліду. Площа дослідної ділянки становила 40 м², облікової 30 м². Варіанти досліду розміщували послідовно.

15. Здійснювали статистичне опрацювання результатів.

РОЗДІЛ 3
АГРОБІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ВЗАЄМОДІЇ СОНЯШНИКУ З ПІДЗЕМНОЮ МІКРОБІОТОЮ В ПРОЦЕСІ ФОРМУВАННЯ ВРОЖАЮ

Соняшник є однією з важливих культур для харчової промисловості, оскільки його вирощування безпосередньо пов’язане із забезпеченням виробництва рослинної олії. Зростання обсягів виробництва товарного насіння соняшнику в Україні доцільно забезпечувати не шляхом подальшого розширення посівних площ, а передусім завдяки підвищенню врожайності культури та ефективності технологій її вирощування.

3.1. Вплив біопрепарату Мікофренд на водний стан листків рослин соняшнику

Результати досліджень засвідчили позитивний вплив біопрепарату Мікофренд на водний стан листкового апарату досліджуваних гібридів соняшнику. Зокрема, у гібриду НК Неома впродовж усіх облікових періодів спостерігали відмінності між контрольним варіантом і варіантом із застосуванням препарату. На 30-ту добу вегетації маса 100 листків у контролі становила 105,3 г, тоді як за використання Мікофренду цей показник був більшим на 24,6 г, або на 18,5 %. Це свідчить про позитивну дію біопрепарату на підтримання водного стану листків рослин.

Подібну закономірність зафіксовано й на 60-ту та 90-ту добу вегетації. У варіанті із застосуванням препарату маса 100 листків перевищувала контрольні значення на 142,4 і 138,7 г відповідно, що становило 14,9 та 18,7 % (рис. 3.1, 3.2).

Аналогічні результати отримано для гібриду ЕС Белла: у варіантах із застосуванням біопрепарату показники маси листків були вищими порівняно з контролем упродовж усього періоду спостережень. На 30-ту добу вегетації маса 100 листків у дослідному варіанті становила 149,0 г, тоді як у контролі — 119,6 г. Таким чином, різниця дорівнювала 29,4 г, або 19,7 %. Перевага дослідного

варіанта зберігалася також на 60-ту та 90-ту добу вегетації, коли перевищення контрольних показників становило 14,9–17,2 %.

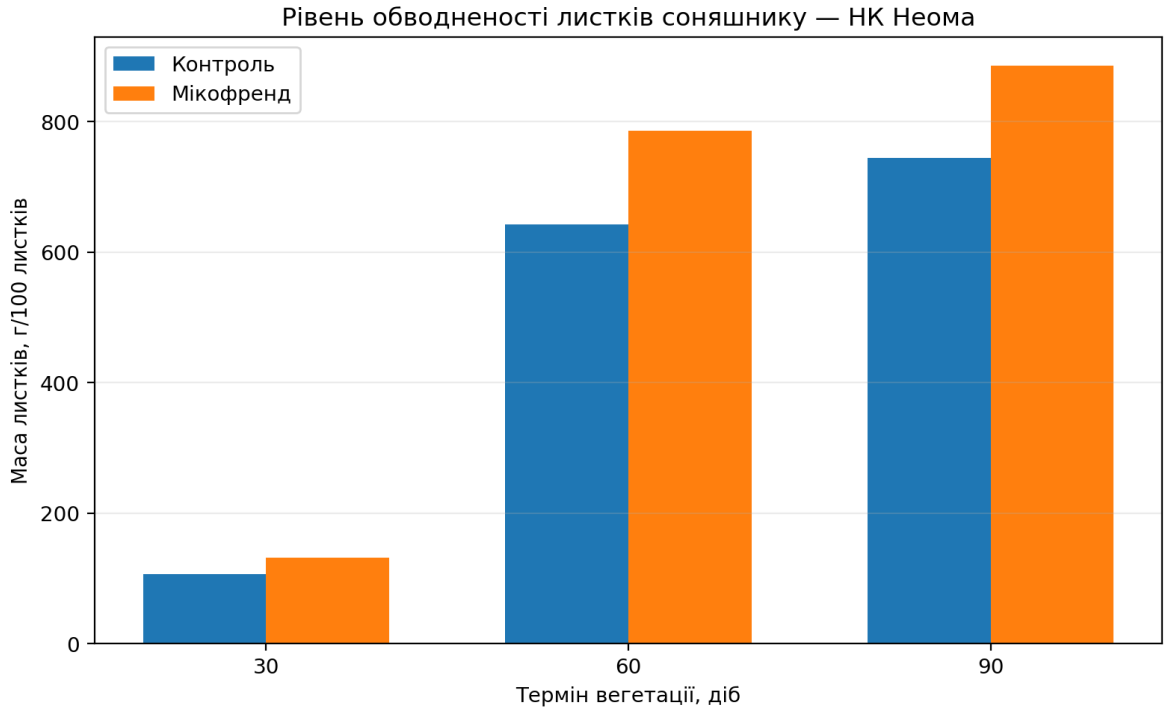

Рис. 3.1. Вплив мікоризації на обезводненість листків соняшнику гібрида НК Неома, 2025–2026 рр.

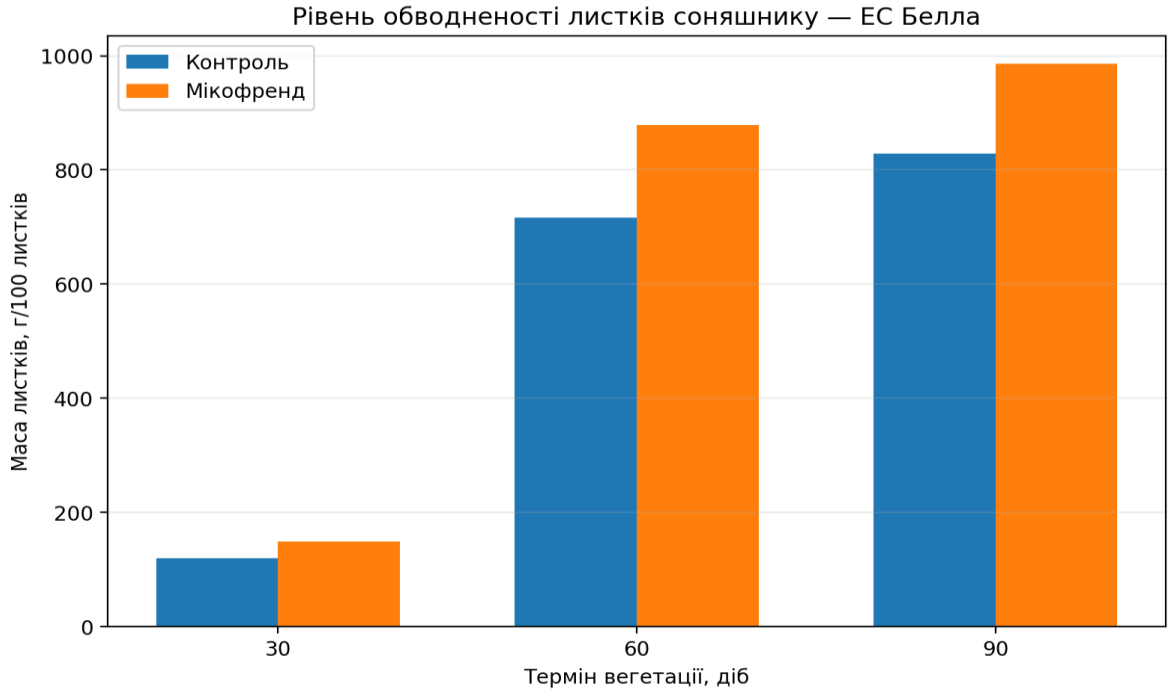

Рис. 3.2. Вплив мікоризації на обезводненість листків соняшнику гібрида ЕС Белла, 2025–2026 рр.

Отримані дані свідчать, що інокуляція коренів соняшнику біопрепаратом Мікофренд посилює водний обмін рослин, що позитивно впливає на їхню продуктивність.

3.2. Біометричні показники рослин соняшнику залежно від біопрепарату Мікофренд

Продуктивність фотосинтетичної системи посіву безпосередньо визначається площею, темпами формування та тривалістю активного функціонування листкового апарату. Раціональне засвоєння сонячної енергії забезпечується просторовою орієнтацією листя, концентрацією хлорофілу та загальною фотосинтетичною активністю.

Оцінка ефективності застосування біопрепарату Мікофренд у технології вирощування соняшнику свідчить про суттєвий вплив мікоризації на формування асиміляційного апарату. Зокрема, встановлено статистично значуще збільшення площі листкової поверхні порівняно з контрольним варіантом (рис. 3.3, 3.4).

У гібрида НК Неома застосування Мікофренду сприяло збільшенню площі листкової поверхні впродовж вегетації. На 30-ту добу цей показник становив 3,8 тис. м²/га проти 3,4 тис. м²/га в контролі, що відповідало приросту 7,3%. На 60-ту добу площа листків збільшилася до 30,0 тис. м²/га порівняно з 26,3 тис. м²/га в контролі, або на 14,5%. Найбільшу різницю зафіксовано на 90-ту добу: 34,1 тис. м²/га проти 28,2 тис. м²/га. Отже, перевага варіанта з Мікофрендом зростала протягом вегетації, а найбільший абсолютний приріст становив 5,9 тис. м²/га.

У гібрида ЕС Белла також спостерігали позитивну динаміку формування листкової поверхні за використання Мікофренду. На 30-ту добу показник становив 4,2 тис. м²/га, що на 0,3 тис. м²/га, або 10,0%, перевищувало контроль. На 60-ту добу площа листкової поверхні досягла 32,4 тис. м²/га проти 29,4 тис. м²/га в контрольному варіанті, тобто була більшою на 9,5% (за наведеними вихідними значеннями). На 90-ту добу відповідні показники становили 37,4 і

31,4 тис. м²/га, а приріст – 5,8,0 тис. м²/га, або 17,2%. Таким чином, найбільшу різницю між варіантами відзначено наприкінці періоду спостережень (рис. 3, 4).

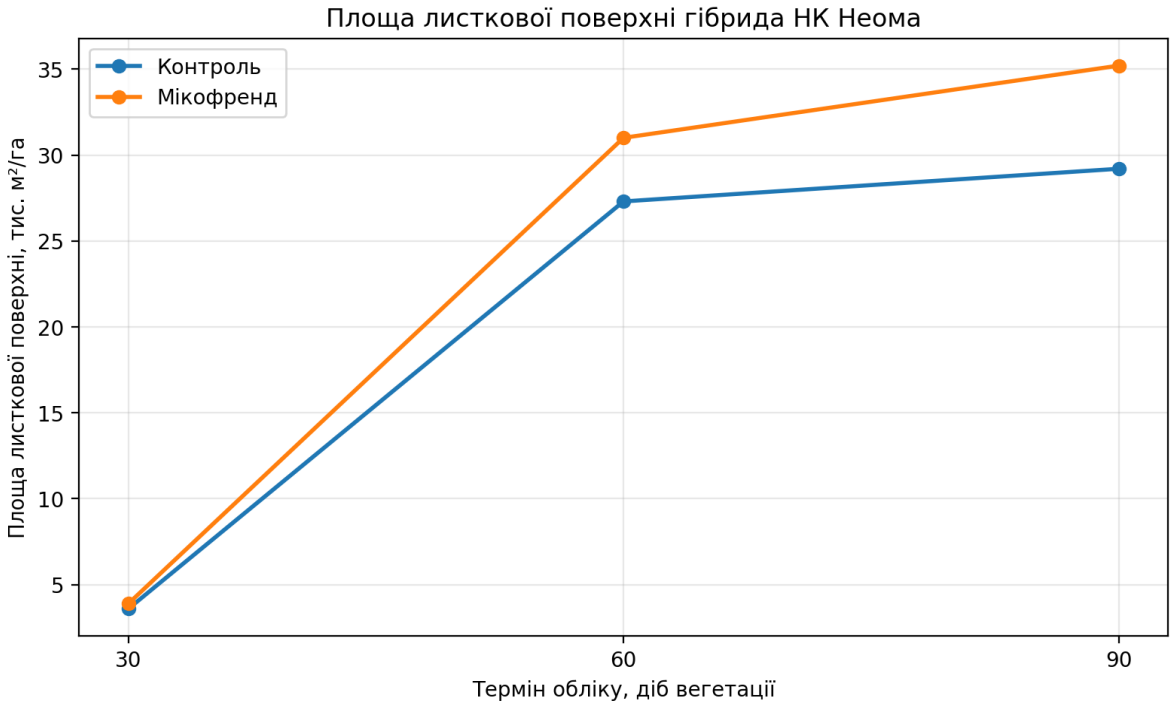

Рис. 3.3. Площа листкової поверхні соняшнику гібрида НК Неома, 2025–2026 рр.

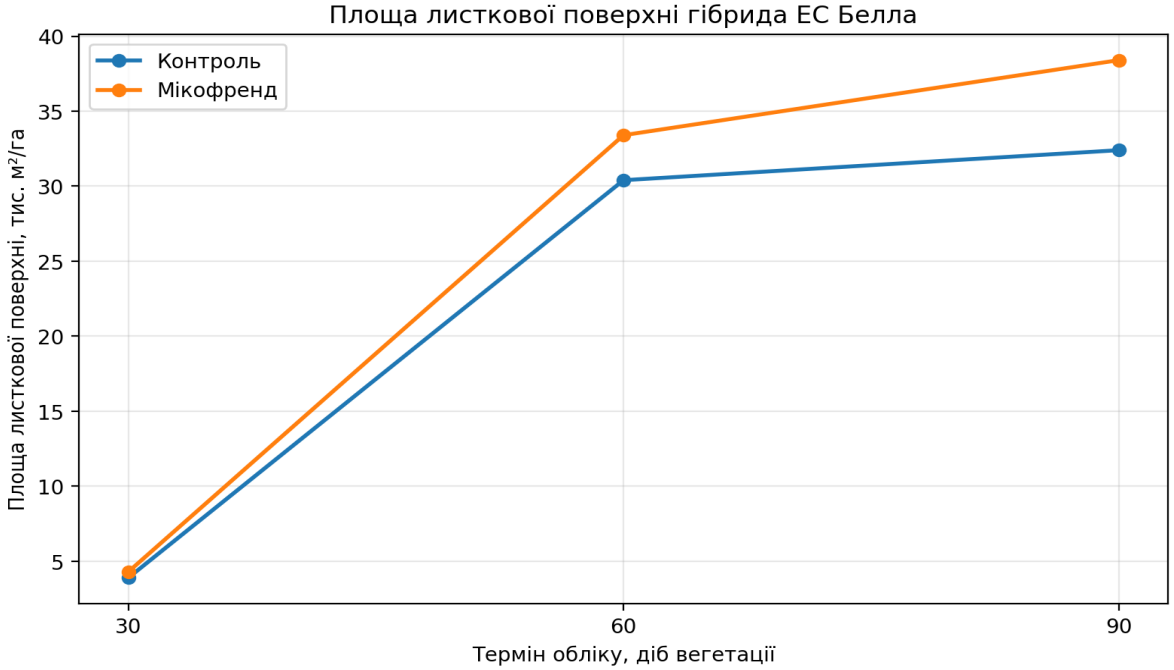

Рис. 3.4. Площа листкової поверхні соняшнику соняшнику гібрида ЕС Белла, 2025–2026 рр.

За обома гібридами оброблення насіння Мікофрендом супроводжувалося збільшенням площі листкової поверхні порівняно з контролем. Найвиразніше це проявилося на 90-ту добу вегетації, коли абсолютний приріст становив 5,9 тис. м²/га в обох гібридів. Водночас ЕС Белла сформував більшу площу листкової поверхні, ніж НК Неома, як у контролі, так і за використання препарату.

Висота рослин є важливим біометричним показником, що відображає особливості їхнього росту й розвитку та реакцію на зміну умов вирощування і застосування окремих елементів агротехнології.

На формування цього показника впливає комплекс чинників, зокрема строки сівби, рівень вологозабезпечення, забезпеченість елементами мінерального живлення та особливості застосовуваних агротехнічних заходів. Важливу роль у цьому процесі відіграє використання біопрепаратів, які можуть сприяти активнішому розвитку кореневої системи, збільшенню площі листкової поверхні та підвищенню ефективності використання сонячної енергії в процесі фотосинтезу. У сукупності ці зміни створюють сприятливі передумови для інтенсивнішого росту рослин і збільшення їхньої висоти.

Аналіз результатів досліджень, наведених у таблиці 1, засвідчив позитивний вплив застосування біопрепарату на висоту рослин. Зокрема, у дослідному варіанті відзначено підвищення цього показника порівняно з контролем, що свідчить про сприятливий вплив досліджуваного технологічного прийому на ростові процеси рослин (табл. 3.1).

Таблиця 3.1

Висота рослин соняшнику залежно від елементів вирощування, см

Гібрид	Обліки на	Висота рослин, см		До контролю, см
		Контроль	Біопрепарат Мікофренд	
НК Неома	30 день	17	21	4
	60 день	103	108	5
	90 день	130	140	10
ЕС Белла	30 день	19	23	4
	60 день	105	112	7
	90 день	136	146	10
$НІР_{05}$		3,6	6,8	-

За результатами біометричних обліків встановлено, що інокуляція насіння біопрепаратом Мікофренд позитивно впливала на ростові процеси соняшнику впродовж усього періоду вегетації. На 30-ту добу від сходів висота рослин гібридів НК Неома та ЕС Белла у варіанті з застосуванням біопрепарату становила відповідно 21 та 23 см, що на 4 см (або 23,5% та 21,1%) перевищувало контрольні значення при $НСР_{05}$= 3,6 см.У фази інтенсивного росту (60 доба) збереглася чітка тенденція до переваги оброблених рослин: висота соняшнику гібрида НК Неома зросла до 108 см (+5 см до контролю), а ЕС Белла — до 112 см (+7 см до контролю). На 90-ту добу вегетації перевищення висоти рослин досліджуваних гібридів над контролем досягло максимального показника — 10 см ($НСР_{05}$ = 6,8 см), досягнувши 140 см у НК Неома та 146 см у ЕС Белла. Більш високі абсолютні показники росту на всіх етапах обліку зафіксовано у гібрида ЕС Белла.

3.3. Фотосинтетичний потенціал та чиста продуктивність фотосинтезу соняшнику залежно від мікоризації

Формування фотосинтетичного потенціалу (ФП) посівів соняшнику значною мірою визначається комплексом агротехнічних чинників, серед яких ключове значення мають густота стояння рослин та ширина міжрядь. Зазначається, що у міжфазний період «утворення кошиків – цвітіння» за густоти 90 тис. шт./га та міжряддя 70 см показник ФП досягав 2,7 млн м²·діб/га, тоді як за зменшення густоти до 70 тис. шт./га він знижувався до 2,4 млн м²·діб/га.

Поряд із параметрами ценозу, вагомим фактором впливу на фотосинтетичну діяльність культури є елементи біологізації. За результатами наших досліджень, передпосівна обробка насіння та/або застосування біопрепарату Мікофренд забезпечували суттєве зростання ФП у розрізі всіх досліджуваних гібридів соняшнику порівняно з контрольними варіантами (табл. 3.2).

Таблиця 3.2

Фотосинтетичний потенціал соняшнику залежно від елементів вирощування

Гібрид	Обліки на	Фотосинтетичний потенціал		До контролю, см
		Контроль	Біопрепарат Мікофренд	
НК Неома	30 день	0,08	0,11	+0,03
	60 день	1,15	1,44	+0,29
	90 день	1,28	2,09	+0,81
ЕС Белла	30 день	0,09	0,13	+0,04
	60 день	1,22	1,53	+0,31
	90 день	1,36	2,24	+0,88
$НІР_{05}$		0,01	0,4	0,3

Таблиця висвітлює результати дослідження впливу біопрепарату «Мікофренд» на фотосинтетичний потенціал двох гібридів соняшнику — НК Неома та ЕС Белла. Оцінка проводилася шляхом порівняння контрольного варіанту (без обробки) із дослідним варіантом, де застосовувався біопрепарат, протягом трьох етапів вегетації рослин (на 30-й, 60-й та 90-й день).

Для гібрида НК Неома спостерігається чітка позитивна динаміка зростання фотосинтетичного потенціалу. На 30-й день вегетації показник у варіанті з біопрепаратом становив 0,11 см проти 0,08 см на контролі (приріст +0,03 см). На 60-й день різниця зросла до +0,29 см (1,44 см проти 1,15 см). Найбільша ефективність препарату проявилася на 90-й день, де фотосинтетичний потенціал досяг 2,09 см, що на +0,81 см перевищує контрольні значення (1,28 см).

Гібрид ЕС Белла продемонстрував подібну, але дещо вищу реакцію на застосування препарату. На 30-й день показник склав 0,13 см проти 0,09 см на контролі (+0,04 см). На 60-й день фотосинтетичний потенціал досяг 1,53 см порівняно з 1,22 см у контролі (+0,31 см). На 90-й день вегетації зафіксовано максимальне значення — 2,24 см, що на +0,88 см більше за контрольний варіант (1,36 см).

Використання біопрепарату «Мікофренд» демонструє стабільний позитивний ефект на фотосинтетичний потенціал соняшнику, незалежно від

генотипу та фази вегетації. Це підтверджує високу ефективність мікоризації кореневої системи як надійної агротехнічної стратегії для інтенсифікації асиміляційних процесів та підвищення загальної продуктивності культури.

Оскільки фотосинтез є базовим джерелом синтезу органічної речовини та безпосередньо визначає врожайність сільськогосподарських культур, його ефективність тісно пов'язана з площею листкового апарату та тривалістю його функціонування. Поряд із традиційними чинниками впливу (мінеральним живленням, вологозабезпеченням, температурою, а також позакореневими підживленнями й регуляторами росту), вагому роль у формуванні фотосинтетичного потенціалу відіграє симбіоз із мікоризними грибами. Отримані експериментальні дані (табл. 3.3) доводять, що включення «Мікофренду» до технології вирощування соняшнику забезпечує вірогідне зростання чистої продуктивності фотосинтезу.

Таблиця 3.3

Чиста продуктивність фотосинтезу соняшнику залежно від елементів вирощування, г/м^2

Гібрид	Обліки на	ЧПФ, г/м^2		До контролю
		Контроль	Біопрепарат Мікофренд	
НК Неома	30 день	0,08	0,13	+0,05
	60 день	0,60	0,89	+0,29
	90 день	0,74	1,28	+0,54
ЕС Белла	30 день	0,10	0,15	+0,05
	60 день	0,67	1,0	+0,33
	90 день	0,85	1,30	+0,45
$НІР_{05}$		0,02	0,04	0,01

У динаміці за трьома етапами вегетації (на 30-й, 60-й та 90-й день). Отримані дані порівнюються з контрольним варіантом (без обробки біопрепаратом), що дозволяє чітко простежити ефективність мікоризації кореневої системи рослин.

Для гібрида НК Неома застосування біопрепарату забезпечило стабільне зростання ЧПФ впродовж усього вегетаційного періоду. На 30-й день показник у варіанті з «Мікофрендом» становив 0,13 г/м² проти 0,08 г/м² на контролі

(приріст +0,05 г/м²). На 60-й день різниця суттєво збільшилася: ЧПФ досягла 0,89 г/м² порівняно з 0,60 г/м² у контролі (+0,29 г/м²). Максимальний приріст зафіксовано на 90-й день вегетації, коли значення зросло до 1,28 г/м², що на +0,54 г/м² перевищувало контрольний показник (0,74 г/м²).

Гібрид ЕС Белла продемонстрував подібну позитивну тенденцію з дещо вищими абсолютними показниками. На 30-й день ЧПФ склала 0,15 г/м² проти 0,10 г/м² у контролі (+0,05 г/м²). На 60-й день показник зріс до 1,00 г/м² за контрольних 0,67 г/м² (+0,33 г/м²). На 90-й день вегетації зафіксовано найвище абсолютне значення серед досліджуваних варіантів — 1,30 г/м², що на +0,45 г/м² перевищує контроль (0,85 г/м²).

Результати досліджень засвідчують, що застосування «Мікофренду» для мікоризації кореневої системи суттєво зрощує чисту продуктивність фотосинтезу. Це підкреслює високий потенціал даного агроприйому як надійного інструменту для досягнення вищої урожайності соняшнику.

3.4. Ураженість рослин соняшнику хворобами залежно від застосування Мікофренду

Протягом усього вегетаційного періоду посіву соняшнику загрожує широкий спектр небезпечних фітопатогенів, серед яких найбільшої шкоди завдають збудники білої та сірої гнилей, пероноспорозу, фомопсису й іржі. Інтенсивний розвиток цих хвороб не лише критично знижує показники продуктивності культури, а в умовах епіфітотій може призводити до повного знищення врожаю. Зокрема, характер шкідливості білої гнилі безпосередньо залежить від фази зараження рослин: інфікування у ранні терміни спричиняє масову загибель посівів, тоді як ураження на пізніших етапах суттєво пригнічує насіннєву продуктивність.

Значних втрат агровиробники зазнають і від поширення сірої гнилі, особливо за ураження генеративних органів — кошиків, які під впливом патогена руйнуються та розпадаються на окремі частини, унеможливлюючи збирання врожаю. Своєю чергою, прояв пероноспорозу викликає системні

порушення ростових процесів: уражені рослини суттєво відстають у розвитку, формують пригнічений листовий апарат і деформовані, стоншені стебла, тканини яких розм'якшуються та розтріскуються.

Особливу небезпеку становить ураження соняшнику збудником білої гнилі у критичну фазу завершення цвітіння. Якщо за умов посушливої погоди перебіг хвороби пригнічується і вона тривалий час залишається латентною, то підвищена вологість повітря, рясні ранкові роси чи густі тумани створюють ідеальні передумови для стрімкого прогресування інфекції. Це призводить до катастрофічного знищення олійності та кількості сформованого насіння в кошиках.

Результати фітопатологічних обліків за 2025–2026 рр. свідчать, що застосування біопрепарату Мікофренд сприяло суттєвому підвищенню імунопротекторних властивостей рослин соняшнику, що проявилося у стабільному зниженні як поширеності (Пош.), так і розвитку (Розв.) сірої гнилі та пероноспорозу у досліджуваних гібридів (табл. 3.4).

Таблиця 3.4

Поширеність і розвиток хвороб залежно від досліджуваних елементів технології вирощування, %, 2025-2026 рр.

Гібрид	Сіра гниль				Пероноспороз			
	Контроль		Біопрепарат Мікофренд		Контроль		Біопрепарат Мікофренд	
	Пош.	Розв.	Пош.	Розв.	Пош.	Розв.	Пош.	Розв.
НК Неома	0,7	0,5	0,6	0,3	8,2	4,0	7,3	3,4
ЕС Белла	0,7	0,4	0,5	0,2	7,88,0	3,9	6,7	3,1

Щодо ураження посівів сірою гниллю, зафіксовано низький загальний рівень інфекційного навантаження, проте захисний ефект біопрепарату виявився чітко вираженим. У гібрида НК Неома на контролі поширеність хвороби становила 0,7%, а її розвиток — 0,5%, тоді як за передпосівної обробки насіння Мікофрендом ці показники знизилися відповідно до 0,6% та 0,3%. Аналогічна

позитивна динаміка спостерігалася і у гібрида ЕС Белла, де у варіанті з біопрепаратом поширеність сірої гнилі зменшилася з 0,7% до 0,5%, а розвиток патологічного процесу скоротився удвічі — з 0,4% на контролі до 0,2%.

Аналіз розвитку пероноспорозу (несправжньої борошнистої роси) демонструє більш високу шкідливість цього захворювання в посівах, однак використання Мікофренду дозволило суттєво стримати його поширення. У гібрида НК Неома застосування біопрепарату забезпечило зниження поширеності пероноспорозу з 8,2% до 7,3%, а розвитку хвороби — з 4,0% до 3,4%. На посівних площах гібрида ЕС Белла інокуляція насіння дозволила зменшити поширеність захворювання з 7,8% (контроль) до 6,7%, а розвиток — з 3,9% до 3,1%.

Порівняльна оцінка стійкості генотипів свідчить про те, що гібрид ЕС Белла виявив вищу природну толерантність до досліджуваних фітопатогенів порівняно з гібридом НК Неома. При цьому за поєднання генетичної стійкості гібрида ЕС Белла та біологічного захисту препаратом Мікофренд досягаються найнижчі показники розвитку як сірої гнилі (0,2%), так і пероноспорозу (3,1%), що підтверджує високу фунгістатичну ефективність мікоризного інокулянта.

РОЗДІЛ 4
ПРОДУКТИВНІСТЬ ТА ЯКІСТЬ СОНЯШНИКУ ЗАЛЕЖНО ВІД ЗАСТОСУВАННЯ МІКОФРЕНДУ

4.1. Елементи структури врожаю соняшнику

Структурні показники врожаю слугують фундаментальною складовою продуктивності сільськогосподарських культур, оскільки саме через них безпосередньо реалізується вплив будь-якого агротехнічного заходу на кількісні та якісні параметри продукції. Реакція окремих компонентів структури на технологічні прийоми є неоднаковою: одні з них зазнають суттєвих трансформацій, тоді як інші залишаються відносно стабільними. Виявлення закономірностей таких змін дозволяє об'єктивно оцінити результативність та економічну доцільність застосування конкретного елемента технології.

Згідно з результатами наших досліджень, застосування біопрепарату Мікофренд справляє істотний вплив на структуру врожаю соняшнику, серед якої ключове значення мають діаметр кошика, кількість насіння в одному кошику та маса 1000 насінин (табл. 1).

Таблиця 4.1

Елементи структури врожаю соняшника залежно від досліджуваних елементів технології вирощування, 2025-2026 рр.

Гібрид	Діаметр ккошика, см		Кількість насінин в ккошику, шт.		Маса тисячі насінин, г	
	Контроль	Біопрепарат Мікофренд	Контроль	Біопрепарат Мікофренд	Контроль	Біопрепарат Мікофренд
НК Неома	11	12	600	658	47,6	55,0
ЕС Белла	10	12	640	724	50,2	57,9

Аналіз елементів структури врожаю соняшнику за результатами досліджень 2025–2026 рр. засвідчив чіткий позитивний вплив передпосівної

інокуляції насіння біопрепаратом Мікофренд на формування продуктивності рослин. Отримані дані підтверджують, що біологізація технології вирощування дозволяє суттєво оптимізувати біометричні та кількісні параметри генеративних органів досліджуваних гібридів.

Особливо наочно ефективність препарату проявилася у формуванні діаметра кошика — одного з головних чинників, що визначають потенційну врожайність культури. У варіанті з використанням біопрепарату зафіксовано розширення поверхні кошика: у гібрида НК Неома цей показник зріс з 11 см на контролі до 12 см, а у гібрида ЕС Белла — з 10 см до 12 см. Таке збільшення свідчить про кращий розвиток рослин та сприятливіші умови для закладання квіток.

Позитивна динаміка простежується і за кількістю насінин в одному кошику, що безпосередньо залежить від повноти запліднення та забезпечення рослин елементами живлення у критичні фази вегетації. Застосування Мікофренду забезпечило істотну прибавку цього показника: у гібрида НК Неома кількість насінин зросла з 600 до 658 шт. (+58 шт. до контролю), а у гібрида ЕС Белла — з 640 до 724 шт. (+84 шт. до контролю), що демонструє вищу оновлену оміваність зав'язі та меншу осипальність.

Суттєві зміни відзначено й за показником маси 1000 насінин, який характеризує рівень наливу, виповненість та якість зернівок. Завдяки поліпшенню мікоризації кореневої системи та активізації водного й фосфорного живлення, маса 1000 насінин у варіанті з Мікофрендом суттєво зросла: у гібрида НК Неома — з 47,6 г до 55,0 г (+7,4 г), а у гібрида ЕС Белла — з 50,2 г до 57,9 г (+7,7 г).

4.2. Врожайність соняшнику

Соняшник залишається ключовою олійною культурою в аграрному секторі України, що обумовлено його високою економічною ефективністю та стабільним попитом. Проте нарощування обсягів виробництва насіння й досі значною мірою відбувається екстенсивним шляхом — за рахунок розширення

посівних площ на тлі помірних показників урожайності. У зв'язку з цим критичного значення набуває не лише раціоналізація структури землекористування в зоні Лісостепу, а й глибока оптимізація елементів адаптивної агротехніки. Це дозволить забезпечити максимальну реалізацію генетичного потенціалу сучасних гібридів і підвищити вихід олії з одиниці площі.

Серед ефективних важелів інтенсифікації особливу роль відіграють ресурсозберігаючі екологізовані прийоми, зокрема оптимізація живлення та застосування біологічно активних засобів органічного походження. Важливим резервом підвищення продуктивності посівів є стимуляція мікоризації кореневої системи соняшнику. Зокрема, залучення до технологічного процесу біопрепарату Мікофренд сприяє формуванню симбіотичних взаємин у ризосфері, що виражається у вагомому зростанні врожайності насіння (табл. 4.2).

Таблиця 4.2

Врожайність соняшнику залежно від елементів вирощування, см

Гібрид	Урожайність, т/га		До контролю, см
	Контроль	Біопрепарат Мікофренд	
НК Неома	2,20	2,68	+0,48
ЕС Белла	2,48	3,25	+0,77
$НІР_{05}$	1,5	2,1	-

У контрольному варіанті урожайність насіння гібрида НК Неома становила 2,20 т/га. Застосування біопрепарату Мікофренд дозволило підвищити цей показник до 2,68 т/га, що забезпечило прибавку до контролю на рівні +0,48 т/га.

Гібрид ЕС Белла продемонстрував вищий рівень реалізації біологічного потенціалу за умов мікоризації. На контролі його врожайність становила 2,48 т/га, тоді як на фоні застосування біопрепарату показник зріс до 3,25 т/га. Абсолютна прибавка до контролю досягла +0,77 т/га, що свідчить про тісніший та ефективніший синергетичний зв'язок даного генотипу з мікоризними ризосферними мікроорганізмами.

Порівняльний аналіз доводить, що використання біопрепарату Мікофренд є потужним біологічним чинником інтенсифікації вирощування соняшнику в зоні Лісостепу. Препарат дозволяє не лише стабілізувати фітосанітарний стан посівів та покращити ростові процеси, а й забезпечити вагому прибавку зернової продуктивності незалежно від особливостей гібрида.

4.3. Якісні показники насіння залежно від внесення Мікофренду

Соняшник утримує лідерські позиції серед олійних культур завдяки високій економічній ефективності вирощування та багатогранному використанню продукції. Окрім харчового значення, олія є джерелом цінних жирних кислот, вітамінів і антиоксидантів. Біохімічний профіль олії формується переважно ненасиченими жирними кислотами — лінолевою та олеїновою. Попутною продукцією переробки є високоякісна макуха і шріт, а зелена маса та лушпиння знаходять застосування утилізації та як кормові домішки.

Вміст олії в насінні соняшнику зазвичай коливається в межах 40–50% і регулюється державними стандартом для різних класів сировини. На цей показник впливає комплекс генетичних, ґрунтово-кліматичних та технологічних чинників. Сучасні олійні гібриди поділяються на високоолійні (з олійністю до 52–55% завдяки тонкимо оболонкам) та високоолеїнові (з вмістом олеїнової кислоти понад 82%). Натомість кондитерські сорти характеризуються зниженою олійністю (20–30%) та підвищеним вмістом білка.

Формування олійності та якості насіння залежить від абіотичних умов (зокрема, оптимальної температури наливу 20–25 °C та вологозабезпечення). Порушення температурного режиму понад 30 °C або дефіцит вологи негативно впливають на ліпідний обмін і призводять до щуплості сім'янок. Водночас інтенсифікація технологій через збалансоване мінеральне живлення (фосфор, калій, сірка, бор) та застосування біологічних препаратів дозволяє суттєво підвищити якісні параметри врожаю.

Ефективним інструментом біологізації є передпосівна інокуляція насіння біопрепаратом Мікофренд. Симбіоз грибів і бактерій із кореневою системою

покращує трофіку та водний режим рослин, розширює листову поверхню і підвищує фотосинтетичну активність, що в результаті забезпечує прибавку олійності на 3–5%.

Важливими критеріями якості насіння також є його лушпинність і маса 1000 сім'янок. Лушпинність (частка оплодня) є генетично обумовленою ознакою (у сучасних олійних гібридів вона мінімізована), але суттєво залежить від умов зволоження в період наливу. Застосування Мікофренд-інокуляції сприяє зниженню лушпинності насіння та збільшенню маси 1000 сім'янок (яка для сучасних гібридів становить 50–70 г), що комплексно зумовлює зростання загального виходу олії з одиниці площі.

Утворення мікоризного симбіозу супроводжується інтенсивним розвитком кореневої системи та її обплетенням грибним міцелієм. Гіфи грибів здатні проникати в найменші капіляри ґрунту, що істотно покращує забезпечення рослин вологою та доступними елементами мінерального живлення. Зазначений чинник стимулює ростові процеси, оптимізує формування генеративних органів і позитивно впливає на якісні параметри врожаю: підвищує масу насіння, знижує його лушпинність та збільшує загальний уміст олії.

Експериментальні дані щодо впливу інокуляції біопрепаратом Мікофренд на олійність насіння демонструють суттєву перевагу варіантів із біологічним обробітком над контролем. Зокрема, використання мікоризного препарату забезпечило прибавку масової частки олії на 1,0–2,6%. Отримані результати мають важливе прикладне значення для нарощування обсягів виробництва високоякісної олійної сировини в Україні як для потреб внутрішньої переробки, так і для експортного потенціалу (рис. 4.1).

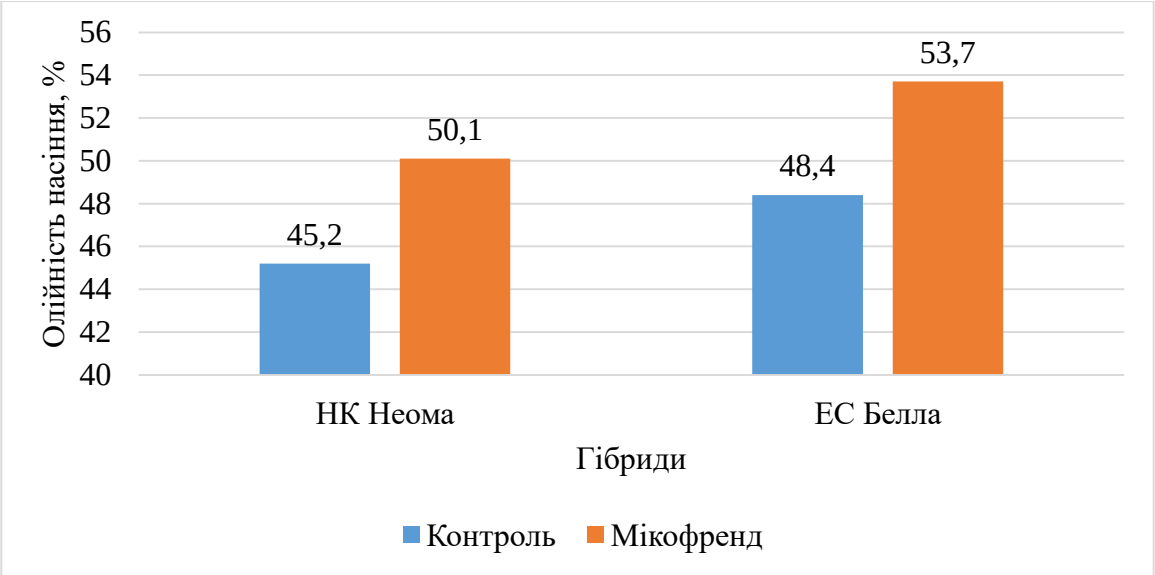

Рис. 4.1. Олійність соняшнику залежно від досліджуваних факторів

На графіку наочно продемонстровано вплив передпосівної інокуляції біопрепаратом Мікофренд на олійність насіння досліджуваних гібридів соняшнику. Застосування мікоризного препарату забезпечило суттєве підвищення масової частки олії: у гібрида НК Неома показник зріс з 45,2% на контролі до 50,0% у варіанті з біопрепаратом, а у гібрида ЕС Белла – відповідно з 48,4% до 53,7%. Отримані дані підтверджують високу ефективність біологізації технології вирощування, що дозволяє значно покращити якісні показники врожаю обох гібридів.

4.4. Лушпинність соняшнику залежно від Мікофренду

Лушпинність сім'янок соняшнику належить до ключових технологічних критеріїв якості врожаю, оскільки визначає пропорційне співвідношення між перикарпієм (оболонкою) та ядром. У структурі сировини для олійно-жирової галузі дана ознака виступає безпосереднім індикатором технологічної цінності: висока частка лушпиння знижує питому вагу ядра й зумовлює зменшення виходу олії. Натомість тенденція до зниження лушпинності свідчить про високий рівень виповненості насіння, збільшення частки оліємісткого ядра та покращення загальної технологічної придатності вирощеної продукції.

На графіку наочно відображено показник лушпинності насіння соняшнику залежно від використання біопрепарату Мікофренд у порівнянні з контролем. Передпосівна інокуляція насіння забезпечила зменшення лушпинності в обох досліджуваних гібридів: у гібрида НК Неома цей показник знизився з 21,0% на контролі до 19,3% у варіанті з біопрепаратом, а у гібрида ЕС Белла – відповідно з 22,4% до 21,6%. Отримані дані підтверджують позитивний вплив мікоризації на покращення структури зернівок, що сприяє збільшенню частки цінного ядра та загальної якості сировини для олійно-жирової промисловості (рис. 6).

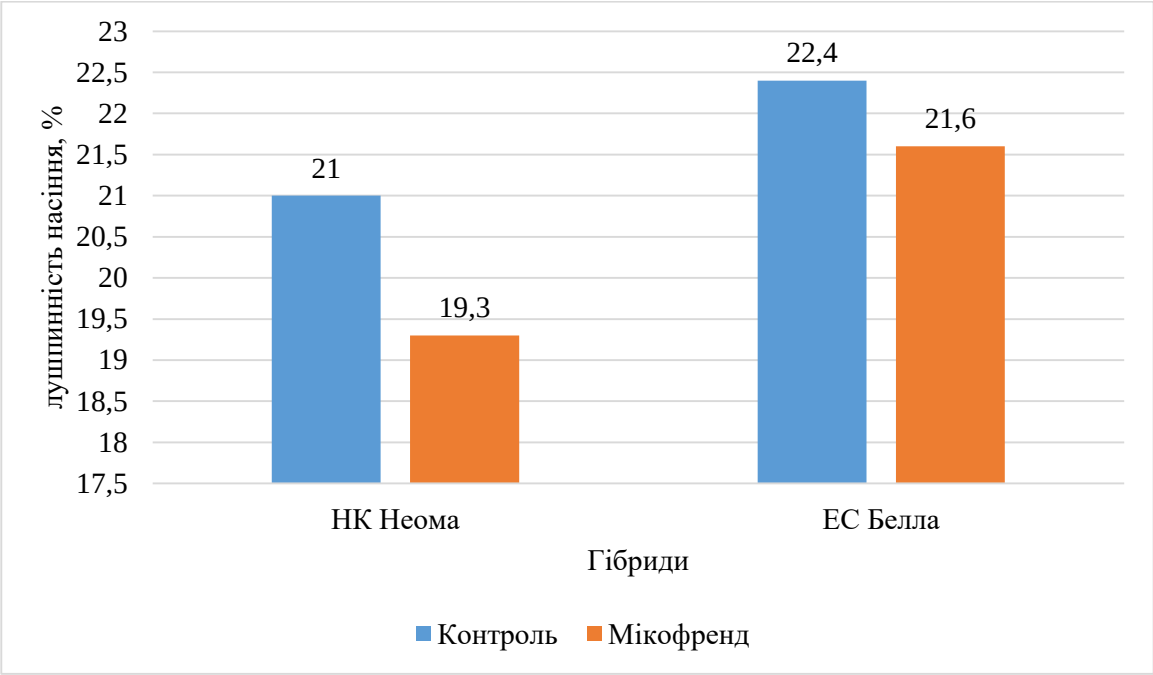

Рис. 4.2. Лушпинність насіння соняшнику залежно від досліджуваних факторів

Сприятливий вплив біопрепарату Мікофренд на мінімізацію лушпинності насіння зумовлений активізацією симбіотрофних процесів у ризосферному шарі ґрунту. Внаслідок синергетичної дії мікоризних грибів і корисного бактеріального комплексу відбувається потужний розвиток кореневої системи, розширюється трофічна зона поглинання вологи й мінеральних речовин, а також стимулюється загальний фізіологічний статус рослин. Це створює оптимальні умови для інтенсивного наливу сім'янок, забезпечення високої частки оліємісткого ядра та відносного скорочення маси оплодня.

Отже, передпосівний обробіток біопрепаратом Мікофренд забезпечив зменшення лушпинності насіння соняшнику на 1,2–1,8% порівняно з контролем. Даний факт підтверджує високу біологічну ефективність інокулянта щодо оптимізації анатомо-морфологічного співвідношення між ядром та оболонкою. Отримані експериментальні дані доводять технологічну доцільність залучення Мікофренду до агротехнічного комплексу вирощування соняшнику, що сприяє підвищенню не лише зернової продуктивності, а й сировинної цінності врожаю для олійно-жирової промисловості.

4.5. Економічна та енергетична оцінка вирощування соняшнику залежно від Мікофренду

Ключовим чинником зниження собівартості насіння соняшнику є залучення до виробничого процесу високопродуктивних гібридів інтенсивного типу та впровадження ефективних агротехнічних заходів, спрямованих на максимізацію продуктивності посівів. Практичний досвід вирощування культури свідчить, що освоєння потенціалу сучасних генотипів дозволяє суттєво нарощувати врожайність, збільшувати валовий збір олії та, як наслідок, підвищувати рівень рентабельності й величину чистого доходу.

Економічну оцінку результатів експериментальних досліджень щодо ефективності залучення біопрепарату Мікофренд до технологічної схеми вирощування соняшнику було проведено за загальноприйнятою методикою у цінах 2025 року. Розрахунки засвідчили помітний вплив досліджуваного прийому на формування виробничих витрат у розрахунку на 1 га, собівартість одиниці продукції та підсумкову рентабельність. Висока економічна доцільність застосування інокулянта обумовлена його комплексною дією: активізацією ростових процесів, поліпшенням структурного стану ґрунту, інтенсифікацією мікробіологічної активності та водного режиму, що в сукупності забезпечило вірогідну прибавку врожайності насіння і збільшення виходу олії.

Застосування біопрепарату «Мікофренд» на соняшнику гібридів «НК Неома» та «ЕС Белла» демонструє високу економічну ефективність,

забезпечуючи суттєву прибавку врожайності (на 0,48–0,77 т/га) та зростання вартості продукції практично при тих самих витратах. Це дозволяє збільшити чистий дохід підприємства до 25 950–32 750 грн./га, знизити собівартість одиниці продукції та підняти загальний рівень рентабельності до вражаючих 146,8–185,9% порівняно з контролем (табл. 4.3).

Таблиця 4.3

Економічна оцінка соняшника залежно від досліджуваних елементів технології вирощування, 2025-2026 рр.

Варіант	Урожайність, т/га	Вартість продукції, грн./га	Витрати грн./га	Чистий дохід, грн./га	Собівартість, грн./т	Рентабельність, %
	НК Неома					
Контроль	2,20	33200	15985	15732	4580	101,2
Мікофренд	2,68	42000	15661	25950	4282	146,8
ЕС Белла						
Контроль	2,48	37500	16680	20890	41756	121,0
Мікофренд	3,25	49850	16800	32750	41129	185,9

Для оцінки доцільності застосування біопрепарату «Мікофренд» у технології вирощування соняшнику провели енергетичний аналіз за технологічними картами. Він передбачав підрахунок витрат енергії на 1 га та визначення коефіцієнта енергетичної ефективності (КЕЕ) на основі співвідношення енерговитрат і кількості енергії, акумульованої у врожаї.

Як свідчать дані таблиці 8, передпосівна обробка насіння різних гібридів соняшнику біопрепаратом Мікофренд сприяла підвищенню енергетичної ефективності технології вирощування культури, що відображалося у зміні

відповідних енергетичних коефіцієнтів. Отримані результати підтверджують доцільність застосування цього біопрепарату як елемента технології вирощування соняшнику, спрямованого на підвищення продуктивності рослин та поліпшення енергетичних показників виробництва. (табл. 4.4)

Таблиця 4.4

Енергетична оцінка соняшника залежно від досліджуваних елементів технології вирощування, 2025-2026 рр.

Варіант	Урожайність, т/га	Енергоємністьнасіння, МДЖ/Га	Витрати енергії (вирощування) МДЖ/Га	КЕЕ
	НК Неома			
Контроль	2,20	101110	51116	1,82
Мікофренд	2,68	108600	51590	2,00
ЕС Белла				
Контроль	2,48	105400	52710	1,92
Мікофренд	3,25	117580	54860	2,10

Результати енергетичної оцінки вирощування соняшнику свідчать про позитивний вплив передпосівної обробки насіння біопрепаратом Мікофренд на продуктивність культури та ефективність використання енергетичних ресурсів. У гібриду НК Неома врожайність насіння за використання біопрепарату становила 2,68 т/га, що на 0,48 т/га, або 21,8 %, більше порівняно з контролем (2,20 т/га). Енергоємність отриманого врожаю зросла з 101 110 до 108 600 МДж/га, тоді як витрати енергії на вирощування збільшилися незначно — з 51 116 до 51 590 МДж/га. У результаті коефіцієнт енергетичної ефективності (КЕЕ) підвищився з 1,82 до 2,00.

У гібриду ЕС Белла також відзначено позитивну реакцію на застосування Мікофренду. Урожайність насіння зросла з 2,48 до 3,25 т/га, тобто на 0,77 т/га, або 31,0 %. Енергоємність урожаю збільшилася з 105 400 до 117 580 МДж/га, а витрати енергії на вирощування — з 52 710 до 54 860 МДж/га. Відповідно, коефіцієнт енергетичної ефективності підвищився з 1,92 до 2,10.

Отже, застосування біопрепарату Мікофренд забезпечило підвищення врожайності та КЕЕ в обох досліджуваних гібридів соняшнику. Найбільший приріст урожайності спостерігався у гібриду ЕС Белла — 31,0 %, який також характеризувався найвищим значенням коефіцієнта енергетичної ефективності (2,10). Це підтверджує доцільність використання біопрепарату в технології вирощування соняшнику з погляду підвищення продуктивності та енергетичної ефективності виробництва.

ВИСНОВКИ

1. Передпосівна обробка насіння соняшнику біопрепаратом Мікофренд позитивно впливала на водний стан листків обох досліджуваних гібридів, сприяючи збільшенню їхньої маси протягом вегетації.

2. Застосування Мікофренду забезпечило збільшення площі листкової поверхні. На 90-ту добу вегетації приріст порівняно з контролем становив 5,9 тис. м²/га у гібрида НК Неома та 6,0 тис. м²/га у гібрида ЕС Белла.

3. Обробка насіння біопрепаратом сприяла інтенсивнішому росту рослин. На 90-ту добу вегетації висота гібрида НК Неома становила 140 см, а ЕС Белла – 146 см, що на 10 см перевищувало контрольні показники.

4. Використання Мікофренду підвищувало фотосинтетичний потенціал посівів обох гібридів. Найвищі значення на 90-ту добу зафіксовано у гібрида ЕС Белла – 2,24 проти 1,36 у контролі.

5. Застосування біопрепарату сприяло підвищенню чистої продуктивності фотосинтезу. На 90-ту добу показник у гібрида НК Неома становив 1,28 г/м², а ЕС Белла – 1,30 г/м², перевищуючи контрольні значення.

6. Передпосівна інокуляція насіння Мікофрендом супроводжувалася зниженням поширеності та розвитку сірої гнилі й пероноспорозу. Найнижчі показники розвитку хвороб зафіксовано у гібрида ЕС Белла: 0,2 % сірої гнилі та 3,1 % пероноспорозу.

7. Застосування біопрепарату поліпшувало структуру врожаю. Кількість насінин у кошику збільшилася на 58 шт. у гібрида НК Неома та на 84 шт. у ЕС Белла, а маса 1000 насінин зросла відповідно на 7,4 і 7,7 г.

8. Використання Мікофренду забезпечило підвищення врожайності насіння соняшнику: у гібрида НК Неома – на 0,48 т/га, до 2,68 т/га, а у ЕС Белла – на 0,77 т/га, до 3,25 т/га. Найпродуктивнішим виявився гібрид ЕС Белла.

9. Передпосівна обробка насіння біопрепаратом підвищувала олійність і знижувала лушпинність. Олійність зросла до 50,0 % у НК Неома та 53,7 % у ЕС Белла, тоді як лушпинність знизилася відповідно до 19,3 і 21,6 %.

10. Економічна та енергетична оцінки підтвердили доцільність застосування Мікофренду. У гібрида ЕС Белла коефіцієнт енергетичної ефективності досяг 2,10, а рентабельність виробництва – 185,9 %, що свідчить про його перспективність для вирощування в умовах Лісостепу України.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

Для підвищення врожайності та поліпшення якісних показників насіння соняшнику, оптимізації забезпечення рослин вологою й елементами мінерального живлення, а також покращення структурно-агрегатного стану ґрунту та його мікробіологічної активності в умовах Лісостепу України доцільно застосовувати біопрепарат Мікофренд для передпосівної обробки насіння в нормі 7,0 кг/т.

За результатами проведених досліджень для вирощування рекомендовано гібрид соняшнику ЕС Белла, який характеризувався найвиразнішою позитивною реакцією на застосування біопрепарату порівняно з іншими досліджуваними гібридами, що проявлялося в поліпшенні росту й розвитку рослин та підвищенні їх продуктивності.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Гамаюнова В. В., Кудріна В. С. Формування надземної маси і врожайності соняшнику під впливом окремих елементів технології вирощування. Вісник аграрної науки Причорномор'я. 2020. Вип. 1. С. 50–57. doi: 10.31521/2313-092X/2020-1(105)-7

2. Домарацький Є. О. Формування листової поверхні та фотосинтетична діяльність рослин соняшнику залежно від добрив і рістрегулюючих препаратів. Аграрні інновації. 2021. № 5. С. 22–29. doi: 10.32848/agrar.innov.2021.5.4

3. 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. doi: 10.32851/2226-0099.2020.115.5

4. Саблук В.Т., Кожухівський Р.М., Вплив біопрепарату Мікофренд на врожайність і якісні показники насіння соняшнику. Таврійський науковий вісник. Вип. 147. Частина 2, с. 168-173. DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.147.2.22

5. Масікевич А. Ю., Колотило М. П., Яремчук В. М. Мікробіологічна активність ґрунтів як елемент екологічної безпеки територій природно заповідного фонду. Екологічна безпека. 2018. № 1. С. 32–37. doi: 10.30929/2073 5057.2018.1.32-37

6. Ковалевський С. Б., Кривохатько Г. А. Посухостійкість та водоутримувальна здатність рослин Thuja occidentalis L. та її культиварів. Науковий вісник НЛТУ України. 2018. Т. 28, № 2. С. 77–80. doi: 10.15421/40280214

7. Kloppholz S., Kuhn H., Requena N. A secreted fungal effector of Glomus intraradices promotes symbiotic biotrophy. Current Biology. 2011. Vol. 21, Iss. 14. P. 1204–1209. doi: 10.1016/j.cub.2011.06.044

8. Young N. D., Debellé F., Oldroy G. E. D. et al. The Medicago genome provides insight into the evolution of rhizobial symbioses. Nature. 2011. Vol. 480, Iss.

7378. P. 520–524. doi: 10.1038/nature10625

9. Martinez-Garcia L. B., Garcia K., Hammer E. C., Vayssières A. Mycorrhiza for all: an under-earth revolution. New Phytologist. 2013. Vol. 198, Iss. 3. P. 652–655. doi: 10.1111/nph.12239

10. Домарацький Є. О., Базалій В. В., Добровольський А. В. та ін. Соняшник: екологічні шляхи оптимізації його живлення: монографія. Херсон: Олді Плюс, 2020. 160 с.

11. Дробітько А. та ін. Формування продуктивності гібридів соняшнику за допомогою ресурсозберігаючих технологій вирощування на півдні України. Українське Причорномор'я. Аграрна наука. 2024. № 28(3). С. 9–18. https://doi.org/10.56407/bs.agrarian/3.2024.09

12. Климчук М., Думич В. Ефективність позакореневого підживлення соняшнику у західному регіоні України. Новітні технології в АПК: дослід ження та управління. 2021. 28(42). DOI: 10.31473/2305-5987-2021-1-28(42)-20

13. Коваленко О. А., Федорчук М. І., Нерода Р. С., Донець Я. Л. Вирощування соняшника за використання мікродобрив та бактеріальних препаратів. Вісник ПДАА. 2020. 2. 26–35. DOI: 10.31210/visnyk2020.02.03

14. Козечко В. І., Іванченко О. М. Ефективність застосування мікродобрив в посівах соняшнику. Таврійський науковий вісник. № 136. Частина 1. 2024. С. 192–201. DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.136.1.23

15. Лябах С. В. Вплив способу обробітку ґрунту та системи удобрення на врожайність соняшнику (Helianthus L.) за вирощування в умовах Центрального Полісся України. Агроекологічний журнал. 2022. № 4. С. 130–135. DOI: https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2022.273259

16. Мостов’як І. І. та інш. Вплив гербіцидів на урожайність соняшнику однорічного умовах Лісостепу Західного. *Карантин і захист.* 2024. №11 (276). С. 20–23. DOI: https://doi.org/10.36495/2312-0614.2024.1.20-23

17. Педорченко А. Л. Цінова ситуація на експортних ринках зернових і олійних в Україні у 2022 р. *Грааль науки: міжнародний науковий журнал.* 2022. № 12–13. С. 45–50. DOI: https://doi.org/10.36074/grail-of-science.29.04.2022.002

18. Пелех Л. В., Онуфрійчук О. М. Особливості густоти стояння рослин соняшнику. Аграрні інновації. 2025. № 29. С.107–112. DOI https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2025.29.18

19. Піньковський Г. В., Мащенко Ю. В. Вплив елементів живлення на родючість грунту та продуктивність соняшнику в Правобережному Степу України. Таврійський науковий вісник. 2019. Вип. 107. С. 145–150. DOI: https://doi.org/10.32851/2226-0099.2019.107.19

20. Піньковський Г. В., Танчик С. П. Продуктивність та водоспоживання середньоранніх гібридів соняшника залежно від строків сівби та густоти стояння рослин у Правобережному Степу України. Зрошуване землеробство: міжвідомчий тематичний науковий збірник. Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС. 2019. Вип. 72. С. 47–52. DOI: https:// doi.org/10.32848/0135-2369.2019.72.11

21. Піньковський Г. В., Танчик С. П. Продуктивність та економічна ефективність вирощування соняшнику залежно від строків сівби та густоти стояння рослин у Правобережному Степу України. *Агробіологія.* 2020. № 2. С. 115–123. doi: 10.33245/2310-9270-2020-161-2-115–123

22. Поляков О. І., Нікітенко О. В., Сорока А. І. Продуктивність гібридів соняшнику залежно від густоти стояння рослин за різних строків сівби. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН.* 2022. № 32. С. 99–111. DOI: 10.36710/IOC-2022-32-10

23. Рудік Н. М. Особливості формування та перспективи розвитку ринку олійно-жирової продукції. *Агросвіт.* 2019. № 24. С. 59–65. DOI: 10.32702/2306"6792.2019.24.59

24. Сендецький В. М. та інш. Формування продуктивності гібридів соняшнику за застосування регуляторів росту рослин. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2022. № 72(2). С. 64-82. https://doi.org/10.32636/01308521.2022-(72)-2-4

25. Сидякіна О. В., Гамаюнова В. В Сучасний стан та перспективи виробництва насіння соняшнику. *Таврійський науковий вісник.* 2023. Вип. 131. С. 196–204. DOI: 10.32782/2226-0099.2023.131.25

26. Цилюрик О.І. та інш. Ефективність біопрепаратів на полях соняшнику на півночі Степової зони України. *Агрологія*. 2022. № 5 (1). P. 27–34. https://doi.org/10.32819/021104

27. Цимбал Я. та інш. Продуктивність та якість насіння соняшнику в різних сівозмінах Лісостепової зони за органо-мінеральною системою інтенсифікації. Землеробство та рослинництво: теорія та практика. 2022. № 2. С. 19–25. doi: 10.54651/agri.2022.02.02 .

28. Чуйко Д. В., Пономарьова М. С., Брагін О. М. Економічна ефективність вирощування ліній, гібридів та сортів соняшнику залежно від регулятора росту рослин. *Вісник ХНАУ. Серія: Економічні науки.* 2021. Т. 1. № 2. С. 197–208. DOI: https://doi.org/10.31359/2312-3427-2021-2-1-197

29. Шандрівська О. Є., Питуляк Н. С., Греб О. І., Дослідження ринку соняшникової олії у світі та Україні. Менеджмент та підприємництво в Україні: етапи становлення та проблеми розвитку. 2024. № 2 (12). С. 365–382. https://doi.org/10.23939/smeu2024.02.365

30. Шокало Н. С. Свистун І. П. Формування урожайності соняшнику залежно від норми висіву. *Таврійський науковий вісник.* 2023. №134. С. 202–207. DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2023.134.26

31. Crista F. et al. The Study of the Impact of Complex Foliar Fertilization on the Yield and Quality of Sunflower Seeds (*Helianhtus annuus L.*) by Principal Component Analysis. Agronomy. 2023. № 13. 2074. DOI: 10.3390/ agronomy13082074

32. Garófalo Chaves L. et al. Effect of Mineral Fertilization and Irrigation on Sunflower Yields. American Journal of Plant Sciences. 2015. №6. P. 870–879. doi: 10.4236/ajps.2015.67095.

33. Handayati W., Sihombing D. Study of NPK Fertilizer Effect on Sunflower Growth and Yield. International Conference on Biology and Applied Science. 2019. 2120. https://doi.org/10.1063/1.5115635

34. Harbar L., Lishchuk U., Dovbash N., Knap N. Fertiliser efficiency in the formation of sunflower productivity. *Plant and Soil Science*. 2021. №12(1).

P. 28–38. https://doi.org/10.31548/agr2021.01.0028

35. Kovalenko O. et al. (2021) Advances in Nutrition of Sunflower on the Southern Steppe of Ukraine.Springer International Publishing Switzerland. *Soils Under Stress.* Springer, Cham. 2021. P. 215–223. https://doi.org/10.1007/978-3-030-68394-8_21.

36. Oad R. K. et al. Effect of Foliar Applied Urea on Growth and Yield of Sunflower (Helianthus annuus L.). *Open Access Library Journal*. 2018. № 5. P. 46–68. DOI: 10.4236/oalib.1104668 156.

37. Pinkovskyi H., Tanchyk S. Management of productivity of sunflower plants depending on terms of sowing and density of standing in arid conditions of the Right-bank Steppe of Ukraine. Agronomy science. 2021. VOL. LXXVI (1). P. 21–38. DOI: http://doi.org/ 10.24326/as.2021.1.2

38. Sachs L. G. et al. Efeito de NPK na produtividade e componentes químicos do girassol. *Semina: Ciências Agrárias.* 2006. №27. P. 533–546. http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2006v27n4p533

39. Sadiq S. A., Shahid M., Jan A., Noor-Ud-Din S. Effect of various levels of nitrogen,phosphorus and potassium (NPK) on growth, yield and yield components of sunflower. *Pakistan Journal of Biological Sciences*. 2000. №3. P. 338–339.doi:10.3923/pjbs.2000.338.339

40. Totskyi V. M., Len A. I. Influence of macro- and microfertilizers on biometry, performance and qualitaty of sunflower hybrids. *Plant Breeding and Seed Production.* 2021. № 119. P. 161–169. DOI: 10.30835/2413-7510.2021.237160

41. Tsyliuryk O. I. et al. The influence of biological products on the growth and development of sunflower plants (Helianthus annuus L.) in the northern steppe of Ukraine. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2021. № 11(3). P. 106–116. doi: 10.15421/2021_150

42. Любич В. В., Стоцький О. В. Формування вмісту та виходу олії з насіння соняшнику за різних технологічних заходів. *Збірник наукових праць Уманського національного університету*. 2025. Вип. 106, Ч. 1. С. 126–133.

DOI: 10.32782/2415-8240-2025-106-1-126-133

43. Любич В. В., Стоцький О. В. Формування індивідуальної продуктивності рослин соняшнику за різних доз добрив і їх поєднання. *Збірник наукових праць Уманського національного університету*. 2025. Вип. 107. Ч. 1. С. 559–565. DOI: 10.32782/2415-8240-2025-107-1-559-565

44. Любич В. В., Стоцький О. В. Господарське та відносне винесення азоту з урожаєм насіння соняшнику залежно від удобрення. *Таврійський науковий вісник.* 2025. № 146. Ч. 1. С. 43–48.

45. Calamai A. et al. Evaluation of Agronomic Performance and Seed Oil Composition of Sunflower Genotypes in South Madagascar. Agricultural Sciences. 2018. № 9. P. 1337–1353. https://doi.org/10.4236/as.2018.910093

46. Casali B. et al. Multi-step chemo-enzymatic synthesis of azelaic and pelargonic acids from the soapstock of high-oleic sunflower oil refinement. Green Chemistry. 2022. № 24. P. 2082–2093. doi: 10.1039/D1GC03553C.

47. Chen G., Cai T., Wang J., Wang Y., Ren L., Wu P., et al. Suitable fertilizer application depth enhances the efficient utilization of key resources and improves crop productivity in rainfed farmland on the loess plateau, China. Front. Plant Sci. 2022. Vol. 13. doi: 10.3389/fpls.2022.900352

48. Cherednichenko O. Current state and development of specialized enterprises - producers of sunflower. Modern management review. 2020. № 27(2). P. 7–13. https://doi.org/10.7862/rz.2020.mmr.11

49. Dalchiavon F. C. et al. Agronomic traits and their correlationsin sunflower hybrids adapted to secondcrop. Pesq. agropec. bras. 2016. № 51(11). P. 1806–1812. DOI: 10.1590/S0100-204X2016001100002

50. Deepika P., Ali D. M. Production and assessment of microalgal liquid fertilizer for the enhanced growth of four crop plants. Biocatalysis and Agricultural Biotechnology. 2020. № 28. P. 101–107. doi: 10.1016/j.bcab.2020.101701.

51. Flagella Z. et al. Changes in seed yield and oil fatty acid composition of high oleic sunflower (Helianthus annuus L.) hybrids in relation to the sowing

date and the water regime. European Journal of Agronomy. 2002. № 17(3). P. 221–230. doi: 10.1016/S1161-0301(02)00012-6.

52. Hanhur V. V., Yeremko L. S., Kocherha A. A. The effectiveness of bio-stimulators for pre-sowing treatment of sunflower seeds. Bulletin of Poltava State Agrarian Academy. 2020. № 2. P. 36–42. doi: 10.31210/visnyk2020.02.04.

53. Hanhur V., Kosminskyi O., Len O., Totskyi V. Influence of fertilizer on sunflower productivity and seed quality. Bulletin of Poltava State Agrarian Academy,. 2022. № 2. P. 50–56. doi: 10.31210/visnyk2022.02.05

54. Kachanova T. et al. Productivity of high-oleic sunflower when grown in the conditions of the Southern Steppe of Ukraine. Ukrainian Black Sea Region Agrarian Science. 2023. № 27(1). P. 41–50. https://doi.org/10.56407/bs.agrarian/1.2023.41

55. Kalambet V. Formation of sunflower productivity (*Helianthus annuus L.*) depending on agrotechnical methods. Scientific Progress & Innovations. 2025. № 28 (2). P. 81–86. doi: 10.31210/spi2025.28.02.13

56. Kandil A. A., Sharief A. E., Odam A. M. A. Response of some sunflower hybrids (*Helianthus annuus L.*) to different nitrogen fertilizer rates and plant densities. International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology (IJEAB). 2017. Vol. 2 (6). P. 2978–2994. doi: 10.22161/ijeab/2.6.26

57. Li B. et al. Enzymatic conversion of soapstock fatty acids from oil refning waste to biosurfactant using a low-cost liquid lipase and a new application as an antioxidant. Biomass Conversion and Biorefinery. 2022. doi: 10.1007/s13399-022-02612-z.

58. Liabah S. Influence of soil cultivation method and fertilization system on the yield of sunflower (*Helianthus L.*) when growing in conditions of Central Polissia of Ukraine. Agroecological Journal. 2022. №4. P. 130–135. https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2022.273259

59. Mahapatra A. N. I., Gouda B., Ramesh K. Productivity and profitability of summer sunflower (*Helianthus annuus L.*) with integrated nutrient

management. Journal of Oilseeds Research. 2021. № 38(1). P. 106–109. DOI: https://doi.org/10.56739/ jor.v38i1.137020.

60. Nikitenko O. V., Polyakov O. I., Makhova T. V. Influence of methods of main tillage on growth, development and productivity of sunflower in the Southern Steppe of Ukraine. Scientific and Technical Bulletin of the Institute of Oilseed Crops NAAS. 2023. № 34. P. 84–96. https://doi.org/10.36710/ioc-2023-34-08