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 УРОЖАЙНОСТІ ТА ЯКОСТІ НАСІННЯ СОНЯШНИКУ В УМОВАХ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

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

Виконав: Василенко Дмитро Олегович _____

Керівник: доцент Мостипан О.В. _____

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
Василенку Дмитру Олеговичу

Тема: «Формування урожайності та якості насіння соняшнику в умовах Лісостепу України»
Затверджено наказом ректора № 496/С від 04.11.2025 р.
Термін здачі студентом готової кваліфікаційної роботи в деканат: до 17.11.2026 р.
Перелік питань, що розробляються в роботі. Вихідні дані: результати дворічних досліджень, проведених у ТОВ «Саварське» Обухівського району Київської області; огляд наукової літератури щодо впливу мінеральних добрив на продуктивність соняшнику; ґрунтово-кліматичні умови господарства; методика проведення досліджень; аналіз впливу різних доз мінеральних добрив на ріст, розвиток, урожайність та якість насіння соняшнику; агрохімічна, енергетична й економічна оцінка результатів досліджень.

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 репозитарій БНАУ з накладанням КЕП	до 13.11.2026	виконано

Керівник кваліфікаційної роботи _____ доцент Мостипан О.В.

Здобувач _____ Василенко Д.О.

Дата отримання завдання «10» вересня 2025 р.

ДЕКЛАРАЦІЯ
про дотримання академічної доброчесності під час виконання кваліфікаційної роботи

Я, Василенко Дмитро Олегович здобувач другого рівня вищої освіти за освітньою програмою Н1 Агрономія, підтверджую, що кваліфікаційну роботу з теми: «Формування урожайності та якості насіння соняшнику в умовах 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.

У процесі підготовки кваліфікаційної роботи використовувався інструмент штучного інтелекту ChatGPT (OpenAI) для мовно-стилістичного редагування тексту, удосконалення формулювань, а також побудови та графічного оформлення діаграм на основі вихідних даних досліджень. Створені матеріали перевірено на відповідність фактичним результатам досліджень. Використання зазначеного інструменту мало допоміжний характер і не передбачало генерування експериментальних даних або підміни результатів дослідження.

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

Дата: 11.11.2026

РЕФЕРАТ

Василенко Д.О. «Формування урожайності та якості насіння соняшнику в умовах Лісостепу України»

Досліджено теоретичне обґрунтування і узагальнено експериментальні та лабораторні дані щодо розроблення адаптивних технологій вирощування сортів соняшнику. Особливу увагу приділено впливу сортових особливостей та доз мінеральних добрив як важливих елементів технології вирощування культури.

Визначено вплив елементів технології вирощування соняшнику на ріст, розвиток, формування продуктивності рослин та якість насіння. Встановлено найбільш ефективні дози мінеральних добрив та досліджено сортові особливості формування врожайності соняшнику залежно від рівня мінерального живлення.

Оцінено вплив доз мінеральних добрив і сортових особливостей на показники якості насіння соняшнику. Встановлено, що оптимальний рівень мінерального живлення сприяє формуванню високоякісного насіння та поліпшенню основних показників, що визначають його технологічну й господарську цінність.

Зроблено висновок, що застосування рекомендованої дози мінеральних добрив забезпечує сприятливі умови для росту й розвитку рослин, сприяє підвищенню врожайності та якості насіння соняшнику, а також забезпечує вищу економічну ефективність його вирощування.

Одержані результати можуть бути використані для вдосконалення технології вирощування соняшнику в господарствах і сільськогосподарських підприємствах, розташованих у зоні Лісостепу України.

Кваліфікаційна робота магістра містить 61 сторінку, 14 таблиць, 3 рисунки, список використаних джерел із 65 найменувань.

Ключові слова: соняшник, дози мінеральних добрив, сортові особливості, продуктивність, економічна ефективність.

ABSTRACT

Vasylenko D.O. «Formation of Sunflower Seed Yield and Quality under the Conditions of the Forest-Steppe Zone of Ukraine»

The theoretical background was investigated, and experimental and laboratory data on the development of adaptive cultivation technologies for sunflower varieties were summarized. Particular attention was paid to the influence of varietal characteristics and mineral fertilizer application rates as important elements of sunflower cultivation technology.

The influence of sunflower cultivation technology elements on plant growth, development, productivity formation, and seed quality was determined. The most effective mineral fertilizer application rates were identified, and the varietal characteristics of sunflower yield formation depending on the level of mineral nutrition were investigated.

The effects of mineral fertilizer application rates and varietal characteristics on sunflower seed quality indicators were evaluated. It was established that an optimal level of mineral nutrition contributes to the formation of high-quality seeds and improves the main indicators determining their technological and economic value.

It was concluded that the application of the recommended mineral fertilizer rate provides favourable conditions for plant growth and development, contributes to an increase in sunflower seed yield and quality, and ensures higher economic efficiency of cultivation.

The obtained results can be used to improve sunflower cultivation technologies on farms and agricultural enterprises located in the Forest-Steppe zone of Ukraine.

The Master's qualification thesis comprises 61 pages, 14 tables, 3 figures, and a list of 65 references.

Key words: sunflower, mineral fertilizer application rates, varietal characteristics, productivity, economic efficiency.

ЗМІСТ

	Ст.
ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1 ЕФЕКТИВНІСТЬ ВНЕСЕННЯ ДОБРИВ ПІД СОНЯШНИК	9
1.1. Значення соняшнику	9
1.2. Ріст і розвиток рослин соняшнику залежно від удобрення	12
1.3. Урожайність та якість насіння соняшнику залежно від удобрення	16
РОЗДІЛ 2 МЕТА, ЗАВДАННЯ, УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ	21
2.1 Мета та завдання дослідження	21
2.2. Ґрунтово-кліматичні та погодні умови	21
2.3. Методика проведення досліджень	25
РОЗДІЛ 3 ПРОДУКТИВНІСТЬ СОНЯШНИКУ ЗАЛЕЖНО ВІД ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ	29
3.1. Формування врожайності соняшнику залежно від досліджуваних елементів технології вирощування	29
3.2. Якісні показники насіння соняшнику	35
3.3. Формування показників продуктивності рослин соняшнику	39
РОЗДІЛ 4 ЕНЕРГЕТИЧНА ТА ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОЩУВАННЯ СОНЯШНИКУ ЗАЛЕЖНО ВІД УДОБРЕННЯ	45
ВИСНОВКИ	52
РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ	54
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	55

ВСТУП

Актуальність теми. Соняшник (*Helianthus annuus* L.) належить до провідних олійних культур України та має важливе продовольче й економічне значення. Високий вміст олії в насінні, широкі можливості використання продукції переробки та значний експортний потенціал зумовлюють необхідність підвищення ефективності його вирощування.

Одним із визначальних чинників формування продуктивності соняшнику є забезпеченість рослин елементами мінерального живлення. Раціональне застосування азотних, фосфорних і калійних добрив сприяє активізації ростових процесів, формуванню генеративних органів, підвищенню врожайності та поліпшенню якості насіння. Водночас ефективність удобрення залежить від доз поживних елементів, агрохімічних властивостей ґрунту та погодних умов.

В умовах Лісостепу України особливого значення набуває оптимізація мінерального живлення соняшнику з урахуванням нестійкого вологозабезпечення та біологічних потреб культури. Надмірне або незбалансоване внесення добрив не завжди забезпечує відповідне підвищення врожайності та може знижувати економічну ефективність виробництва. Тому дослідження впливу різних доз мінеральних добрив на продуктивність і якість насіння соняшнику є актуальним науково-практичним завданням.

Мета дослідження – встановити закономірності впливу різних доз мінеральних добрив на формування елементів продуктивності, врожайність та якісні показники насіння соняшнику.

Для досягнення поставленої мети поставлені наступні завдання:

– визначити вплив мінерального живлення на формування основних елементів структури врожаю соняшнику;

– оцінити вплив різних доз мінеральних добрив на продуктивність рослин та індивідуальну насіннєву продуктивність;

– встановити особливості формування врожайності соняшнику залежно від доз мінеральних добрив;

– дослідити вплив мінерального удобрення на якісні показники насіння соняшнику, зокрема вміст олії та білка;

– провести агрохімічне, енергетичне та економічне оцінювання ефективності застосування добрив під соняшник.

Об'єкт дослідження – процес формування продуктивності соняшнику на основі визначення закономірностей ростових процесів рослин залежно від агротехнічних умов вирощування.

Предмет дослідження – гібриди соняшнику, складові елементи технології вирощування соняшнику, їх оптимізація на основі вивчення біологічних і агрофізичних властивостей культури.

Методи дослідження. Застосовано польовий, фенологічний, вимірювально-ваговий, лабораторний, статистичний і розрахунково-порівняльний методи для оцінювання росту, розвитку, продуктивності рослин, якості насіння та ефективності удобрення.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в уточненні особливостей формування врожайності та якості насіння соняшнику залежно від доз мінеральних добрив в умовах Лісостепу України, а також у порівняльному оцінюванні ефективності досліджуваних варіантів удобрення.

Практичне значення одержаних результатів полягає в обґрунтуванні ефективних доз мінеральних добрив для підвищення врожайності, якості насіння та економічної ефективності вирощування соняшнику в умовах Лісостепу України.

РОЗДІЛ 1
ЕФЕКТИВНІСТЬ ВНЕСЕННЯ ДОБРИВ ПІД СОНЯШНИК

1.1. Значення соняшнику

Соняшник посідає одне з провідних місць у структурі сільськогосподарського виробництва України, відіграючи важливу роль у забезпеченні внутрішнього ринку рослинною олією та формуванні експортного потенціалу аграрного сектору. За масштабами вирощування та обсягами виробництва насіння Україна традиційно належить до провідних країн світу. Значна зацікавленість агровиробників у вирощуванні цієї олійної культури пояснюється сукупністю технологічних та економічних чинників. Серед основних передумов розширення площ її посівів варто відзначити впровадження сучасних технологій вирощування, оптимізацію виробничих витрат, високий рівень прибутковості та економічну привабливість виробництва насіння соняшнику [1, 2, 65].

Суттєвою перевагою вирощування соняшнику є можливість багатофункціонального використання продукції його переробки. Зокрема, макуха та шрот характеризуються високою кормовою цінністю завдяки значному вмісту поживних речовин, насамперед білка, що зумовлює їх широке застосування у годівлі сільськогосподарських тварин. Раціональне використання побічної продукції олійного виробництва сприяє підвищенню ефективності використання сировини, формуванню додаткових джерел доходу, що додатково підвищує економічну ефективність вирощування соняшнику [3, 4].

Лузга соняшнику, частка якої становить приблизно 16–22 % від загальної маси насіння, є цінною сировиною для різних напрямів промислової переробки. Зокрема, її використовують для одержання пентозних цукрів, які слугують основою для виробництва фурфуролу – важливого компонента у виготовленні пластмас, синтетичних волокон та інших хімічних матеріалів. Крім того, з лузги можна отримувати гексозні цукри, що застосовуються як сировина у виробництві етилового спирту та кормових дріжджів.

Кошики соняшнику використовують як кормову сировину для сільськогосподарських тварин. Вони містять 6,2–9,9 % протеїну, 43,9–54,7 % безазотистих екстрактивних речовин, 3,5–6,9 % жиру та 13,0–17,7 % клітковини. Крім того, кошики можуть бути джерелом пектинових речовин для харчової промисловості.

Соняшник залишається однією з найбільш економічно привабливих олійних культур в аграрному виробництві України, що зумовлює стійку зацікавленість сільськогосподарських підприємств у його вирощуванні. Упродовж аналізованого двадцятирічного періоду посівні площі культури збільшилися більш ніж утричі, досягнувши близько 5,2 млн га. Розвиток виробництва супроводжувався не лише територіальним розширенням вирощування соняшнику, а й удосконаленням технологічних підходів до його культивування. Застосування сучасних агротехнологій, поліпшення систем удобрення та захисту рослин, а також упровадження продуктивніших гібридів сприяли підвищенню середньої врожайності в основних регіонах вирощування з 9–10 до 18–19 ц/га [5, 6].

Насіння сучасних високопродуктивних сортів і гібридів соняшнику характеризується підвищеним вмістом олії, який у середньому становить 50–55%, а в окремих перспективних селекційних форм може досягати 60 %. Завдяки високій олійності насіння та значному потенціалу продуктивності соняшник посідає провідне місце серед олійних культур за обсягами одержання рослинної олії з одиниці посівної площі. Середній вихід олії становить близько 750 кг/га, що свідчить про високу ефективність використання земельних ресурсів для виробництва олійної сировини. Частка соняшникової олії в загальному обсязі виробництва рослинних олій в Україні сягає 98 % [8].

Соняшник використовують також як кормову культуру: за сприятливих умов урожайність зеленої маси може перевищувати 60 т/га. Її згодовують у свіжому вигляді або силосують, зокрема в сумішах з іншими культурами. Соняшниковий силос характеризується цінними кормовими властивостями.

Окреме місце в господарському значенні соняшнику належить його медоносним властивостям. У період масового цвітіння культура забезпечує бджіл нектаром і пилком, створюючи сприятливі умови для розвитку бджільництва. За належних погодних умов та достатньої чисельності бджолиних сімей медова продуктивність посівів може досягати 40 кг/га. Активна діяльність комах-запилювачів у період цвітіння соняшнику сприяє ефективнішому перенесенню пилку між квітками, поліпшенню процесів запліднення та формуванню повноцінного насіння. Таким чином, поєднання високої медоносної цінності з позитивним впливом ентомофільного запилення на продуктивність посівів підвищує загальне господарське значення соняшнику [9].

Порівняно із соєвим борошном, соняшникове характеризується вищою концентрацією клітковини та метіоніну, проте має нижчу енергетичну поживність і містить меншу кількість лізину, який належить до незамінних амінокислот та відіграє важливу роль у забезпеченні повноцінного білкового живлення сільськогосподарських тварин [10].

Перспективним напрямом є використання соняшнику для виробництва біопалива. Його лузга слугує сировиною для одержання етилового спирту, кормових дріжджів і фурфуролу, який застосовують у хімічній промисловості [11–13].

Водночас підвищення попиту на насіння соняшнику та пов’язане з цим збільшення посівних площ зумовлюють виникнення низки агроекологічних проблем. Однією з найбільш суттєвих є недотримання науково обґрунтованих принципів чергування сільськогосподарських культур у сівозмінах, що в окремих господарствах проявляється у надмірному насиченні посівних площ соняшником або його тривалому вирощуванні на одному й тому самому полі. Порушення оптимальної періодичності повернення культури на попереднє місце вирощування сприяє виснаженню ґрунтових ресурсів, погіршенню агрофізичних та агрохімічних властивостей ґрунту, накопиченню збудників хвороб і поширенню шкідливих організмів. Сукупна дія зазначених чинників негативно позначається на фітосанітарному стані агроценозів, знижує продуктивність

рослин і створює передумови для поступового зменшення врожайності соняшнику.

1.2 Ріст і розвиток рослин соняшнику залежно від удобрення

Соняшник характеризується підвищеною потребою в поживних речовинах, що пов'язано з інтенсивним формуванням надземної біомаси, розвитком кореневої системи та значним винесенням елементів мінерального живлення з урожаєм. Забезпеченість рослин макроелементами безпосередньо впливає на інтенсивність ростових процесів, тривалість окремих етапів органогенезу та формування генеративних органів. Тому раціонально організована система удобрення є важливою складовою технології вирощування, яка дає змогу регулювати фізіологічні процеси та створювати сприятливі умови для формування високої продуктивності культури [20].

Особливе значення на початкових етапах розвитку соняшнику має достатня забезпеченість фосфором. Цей елемент бере участь в енергетичному обміні, сприяє активному формуванню кореневої системи, розвитку асиміляційної поверхні та перебігу основних фізіолого-біохімічних процесів. Недостатнє фосфорне живлення в ранні фази росту обмежує розвиток рослин і може негативно позначатися на їхній подальшій продуктивності. Найбільш інтенсивне засвоєння фосфору відбувається в період від появи сходів до цвітіння, причому близько 60–70 % загальної його кількості рослини поглинають під час формування кошика та цвітіння [21]. Оптимальне забезпечення фосфором позитивно впливає на розвиток генеративних органів, підвищує стійкість рослин до нестачі вологи, сприяє накопиченню олії в насінні та раціональнішому використанню водних ресурсів [21].

Не менш важливу роль у формуванні продуктивності соняшнику відіграє азот, який є необхідним компонентом білків, нуклеїнових кислот, хлорофілу та інших органічних сполук. Найбільша потреба в цьому елементі виникає під час активного наростання вегетативної маси й формування кошика. Достатнє азотне живлення забезпечує розвиток листкового апарату та підвищення

фотосинтетичної активності рослин. Водночас надмірне надходження азоту може спричиняти посилений вегетативний ріст, подовження періоду вегетації, зменшення вмісту олії в насінні та підвищення сприйнятливості рослин до окремих захворювань [22, 23, 24]. Основна кількість азоту й фосфору засвоюється рослинами до початку цвітіння, тоді як поглинання калію відбувається протягом більшої частини вегетаційного періоду.

Калій є важливим регулятором водного режиму рослин, бере участь в активації ферментативних систем, транспортуванні асимілянтів і формуванні стійкості до несприятливих чинників навколишнього середовища. Найінтенсивніше його поглинання відбувається від фази 8–10 листків до завершення цвітіння, коли рослини засвоюють до 90–100 % загальної потреби в цьому елементі [25]. Незважаючи на значну потребу соняшнику в калії, ефективність застосування калійних добрив нерідко є нижчою порівняно з азотними та фосфорними, що пояснюється достатнім вмістом доступних форм калію в окремих типах ґрунтів [26].

Особливості засвоєння поживних речовин соняшником змінюються відповідно до етапів його росту та розвитку. Упродовж вегетації виокремлюють три основні періоди мінерального живлення: від появи сходів до формування кошика, від бутонізації до цвітіння та від завершення цвітіння до достигання насіння. Кожен із зазначених періодів характеризується різною інтенсивністю поглинання азоту, фосфору й калію, що необхідно враховувати під час розроблення системи удобрення [27]. Оптимальне співвідношення поживних елементів сприяє підвищенню врожайності та поліпшенню якісних характеристик насіння, тоді як порушення балансу мінерального живлення може обмежувати реалізацію продуктивного потенціалу рослин [28].

Порівняно з багатьма іншими польовими культурами соняшник характеризується значним споживанням елементів мінерального живлення, особливо калію. За літературними даними, на формування 1 т урожаю насіння рослини використовують близько 65 кг азоту, 27 кг фосфору в перерахунку на P_2O_5 та 155 кг калію в перерахунку на K_2O. Проте на чорноземних ґрунтах, які

зазвичай характеризуються відносно високою забезпеченістю калієм, більш виражену реакцію соняшник може проявляти на внесення азотних і фосфорних добрив. За умов зрошення позитивні результати отримано від застосування мінерального удобрення в дозі $N_{60}P_{120}K_{60}$ [31].

Вагоме значення для формування врожайності та якості насіння має склад і співвідношення поживних речовин у системі удобрення. За результатами досліджень [33], застосування комплексних мінеральних добрив сприяло одночасному підвищенню врожайності соняшнику та розрахункового виходу олії з одиниці площі. Натомість використання виключно азотних добрив, хоча й забезпечувало приріст урожаю насіння, могло супроводжуватися зменшенням його олійності.

Дослідження, проведені за умов недостатнього зволоження, підтвердили доцільність поєднання удобрення із застосуванням біологічних препаратів. Використання таких агротехнічних заходів сприяло збільшенню маси 1000 насінин і підвищенню врожайності соняшнику, що свідчить про можливість поліпшення реалізації продуктивного потенціалу культури навіть за обмеженого вологозабезпечення [34].

Важливим напрямом удосконалення системи живлення соняшнику є застосування позакореневих підживлень мікродобривами та біологічно активними препаратами у критичні періоди розвитку рослин. Зокрема, проведення таких заходів у фазах 5–7 листків і бутонізації позитивно впливало на формування генеративних органів. За результатами досліджень [27], позакореневе внесення мікродобрив сприяло збільшенню діаметра кошика, кількості повноцінних насінин, маси 1000 насінин та натури насіння, а також підвищенню вмісту олії.

Ефективність позакореневого живлення підтверджується також результатами досліджень органо-мінеральних систем удобрення соняшнику. Встановлено, що додаткове забезпечення рослин мікроелементами у фазах двох-трьох пар листків і бутонізації сприяє своєчасному усуненню дефіциту поживних

речовин. Це позитивно позначається на перебігу ростових процесів, формуванні врожайності та якісних показниках насіння [35].

Перспективним напрямом сучасного аграрного виробництва є інтеграція традиційних систем мінерального удобрення з біологічними препаратами та елементами точного землеробства. За даними Nobile C. M. та співавторів [36], застосування мікробних препаратів у поєднанні із сучасними технологіями управління живленням рослин сприяє ефективнішому засвоєнню поживних речовин і поліпшенню ростових процесів. Подібні закономірності встановлено в дослідженнях [37], де поєднання органо-мінерального удобрення з інокуляцією насіння забезпечувало активніше накопичення рослинної біомаси та підвищення врожайності соняшнику.

Позитивний вплив комплексного застосування різних джерел поживних речовин підтверджено також результатами досліджень Sefaoglu F. [38]. Автором встановлено, що поєднання азотних добрив із біогумусом сприяло інтенсивнішому росту рослин та формуванню врожайності соняшнику на рівні до 4,85 т/га. Отримані результати свідчать про перспективність використання інтегрованих органо-мінеральних систем живлення для підвищення продуктивності культури.

Узагальнення результатів наукових досліджень дає підстави стверджувати, що інтенсивність росту, особливості розвитку та формування продуктивності соняшнику значною мірою визначаються рівнем забезпечення рослин поживними речовинами. Науково обґрунтоване поєднання азотних, фосфорних і калійних добрив із застосуванням органічних та мікробіологічних препаратів сприяє оптимізації фізіолого-біохімічних процесів, розвитку асиміляційного апарату й формуванню генеративних органів. Удосконалення системи живлення з урахуванням біологічних особливостей культури та ґрунтово-кліматичних умов вирощування є важливою передумовою підвищення врожайності соняшнику та поліпшення якісних характеристик насіння.

1.3 Урожайність та якість насіння соняшнику залежно від удобрення

Формування врожайності соняшнику визначається комплексною взаємодією природних умов і технологічних заходів, серед яких важливе значення мають температурний режим і вологозабезпеченість вегетаційного періоду, агрохімічні характеристики ґрунту, попередники, способи основного обробітку, своєчасність виконання агротехнічних операцій, система захисту рослин та генетичні особливості вирощуваних сортів і гібридів. Серед чинників, які піддаються цілеспрямованому регулюванню, особливе місце належить системі удобрення, оскільки саме вона значною мірою визначає забезпеченість рослин поживними речовинами та створює передумови для підвищення врожайності й поліпшення якісних характеристик насіння [35].

Ефективна система мінерального живлення повинна забезпечувати не лише отримання високих і стабільних урожаїв соняшнику, а й підтримання належного рівня родючості ґрунту. Важливим аспектом її формування є добір оптимальних доз, співвідношень і форм поживних елементів. Навіть за однакової кількості внесеної діючої речовини результативність різних видів добрив може істотно відрізнятися, що пов'язано з особливостями їх перетворення у ґрунті, доступністю поживних речовин та інтенсивністю їх засвоєння рослинами [5].

Підвищення продуктивності соняшнику та поліпшення якості насіння потребують комплексного підходу до організації мінерального живлення, який передбачає врахування агрохімічного стану ґрунту, фізіологічних потреб культури в окремі періоди розвитку та узгодження удобрення з іншими складовими технології вирощування [53].

Результати наукових досліджень підтверджують важливість оптимізації норм мінеральних добрив для реалізації продуктивного потенціалу соняшнику. Зокрема, Handayati W. та Sihombing D. [40] встановили, що внесення $N_{150}P_{75}K_{50}$ забезпечувало формування максимальної врожайності насіння на рівні 2,74 т/га. Водночас збільшення дози калію до 75 кг/га супроводжувалося зменшенням урожайності приблизно на 0,2 т/га, що свідчить про відсутність прямої

залежності між підвищенням кількості внесених поживних речовин і продуктивністю рослин.

За даними Crista F. [41], ефективним способом підвищення врожайності соняшнику є поєднання азотно-фосфорного удобрення із застосуванням мікроелементів, зокрема бору. Використання такої системи живлення сприяло формуванню врожайності насіння на рівні до 3,7 т/га.

Дослідження Hanhur V. V. [42] засвідчили неоднакову реакцію високоолеїнового соняшнику на різні співвідношення елементів мінерального живлення. Найвищу врожайність отримано за внесення $N_{94}P_{48}K_{48}$, тоді як максимальний вміст олії в насінні забезпечувала система удобрення $N_{80}P_{80}K_{80}$. Збільшення дози азоту з 80 до 94 кг/га супроводжувалося зниженням олійності на 1,26 %, що вказує на необхідність узгодження рівня азотного живлення не лише з показниками врожайності, а й з якісними характеристиками отриманої продукції.

Взаємозв'язок між системою удобрення та способом основного обробітку ґрунту досліджував Губенко Л. В. [43]. Встановлено, що найвищу врожайність насіння соняшнику – 3,94 т/га – забезпечувало поєднання полицевого обробітку ґрунту на глибину 22–25 см із внесенням мінеральних добрив у нормі $N_{150}P_{110}K_{180}$. Отриманий показник перевищував контрольний варіант на 1,14 т/га. За аналогічного удобрення застосування мілкого обробітку на глибину 10–12 см призводило до зниження врожайності на 0,45 т/га, тоді як за нульового обробітку різниця порівняно з оранкою становила лише 0,06 т/га. Наведені результати свідчать про важливість узгодження системи мінерального живлення з технологією обробітку ґрунту.

Перспективність поєднання мінерального удобрення з біологічними препаратами підтверджено результатами досліджень Гангура В. В. [44]. Застосування $N_{32}P_{32}K_{32}$ під основний обробіток ґрунту з подальшим позакореневим підживленням у фазу 4–5 пар справжніх листків препаратами Органік-Баланс (0,5 л/га) та Липосам (0,5 л/га) забезпечувало високі показники продуктивності досліджуваних гібридів. Урожайність гібрида Політ становила

2,0–2,81 т/га, Початок – 2,94 т/га, Каменяр – 3,02 т/га. Водночас олійність насіння досягала відповідно 55,7; 53,6 та 54,5 %, що підтверджує позитивний вплив комплексного застосування добрив і біологічно активних препаратів на кількісні та якісні характеристики врожаю.

За результатами досліджень Casali B. та співавторів [35], поєднання органічних і мінеральних добрив є перспективним напрямом підвищення продуктивності високоолеїнового соняшнику. Використання інтегрованих систем живлення сприяє створенню сприятливих умов для росту й розвитку рослин, однак їхня ефективність значною мірою залежить від відповідності рівня забезпечення поживними речовинами біологічним потребам культури та необхідності збереження родючості ґрунту.

Позитивний вплив мінерального живлення на врожайність і якість насіння соняшнику встановлено також у дослідженнях [45]. За застосування відповідних систем удобрення врожайність культури досягала 3,5–4,5 т/га, а вміст олії в насінні становив 49–52 %. Отримані результати свідчать про можливість одночасного підвищення кількісних і якісних показників продукції за належного забезпечення рослин основними елементами живлення.

Важливим напрямом удосконалення технології вирощування соняшнику є використання мікробіологічних препаратів у поєднанні з різними системами удобрення. За даними досліджень [46], застосування мінеральних добрив разом із мікробним препаратом забезпечувало збільшення врожайності на 0,24 т/га, тоді як за використання аналогічної системи без біологічного компонента приріст становив 0,27 т/га. Водночас органо-мінеральне удобрення сприяло підвищенню врожайності на 0,45 т/га, а його поєднання з мікробним препаратом забезпечувало найбільший приріст – 0,51 т/га. Таким чином, ефективність біологічних препаратів залежала від системи удобрення, на тлі якої їх застосовували.

Вплив мінеральних добрив і біологічно активних препаратів проявляється не лише у формуванні врожайності, а й у зміні фізіологічних показників рослин. Зокрема, у дослідженнях [16] встановлено підвищення вмісту хлорофілу в

листках соняшнику за комплексного застосування мінерального живлення та біопрепаратів. Найвищий показник – 8,97 мг/г сухої речовини – отримано за використання препарату Фітомаре на фоні удобрення $N_{60}P_{90}$, що на 73 % перевищувало значення контрольного варіанта. Це свідчить про позитивний вплив досліджуваної системи живлення на формування фотосинтетичного апарату рослин.

Важливим критерієм оцінювання ефективності удобрення є формування елементів індивідуальної продуктивності соняшнику. Черно О. Д. та Усатюк О. В. [47] встановили, що в середньому за три роки досліджень маса насіння з однієї рослини на ділянках без внесення добрив становила 63,3 г. Застосування мінеральних добрив у дозах $N_{30–60}P_{30}K_{30}$ забезпечувало збільшення цього показника до 79,3–86,2 г, або на 25–36 % порівняно з контролем. За поєднання мінерального удобрення з мікродобривами та препаратом Вимпел 2 маса насіння з однієї рослини змінювалася в межах 78,7–83,2 г, що також істотно перевищувало показник неудобрених ділянок.

Встановлено, що інтенсивність формування маси насіння з однієї рослини залежала не лише від системи удобрення, а й від умов року вирощування. Найвищі значення цього показника спостерігалися у 2023 та 2025 рр. і становили 67,2–96,0 г залежно від варіанта досліду. Натомість у менш сприятливому 2024 р. маса насіння з однієї рослини зменшувалася до 51,6–72,2 г. Отримані результати підтверджують важливість урахування погодних умов під час оцінювання ефективності різних систем мінерального живлення [47].

Аналіз наведених наукових досліджень свідчить, що система удобрення належить до основних керованих чинників формування врожайності та якісних показників насіння соняшнику. Ефективність її застосування визначається не лише загальною кількістю внесених поживних речовин, а й оптимальністю співвідношення макро- та мікроелементів, способами й строками їх внесення, особливостями гібридів та умовами вирощування.

Особливого значення набуває забезпечення збалансованого азотного живлення у складі повного мінерального удобрення. Незважаючи на високу

потребу соняшнику в калії, результативність застосування азотних добрив часто є більш вираженою, особливо за достатньої природної забезпеченості ґрунту калієм. Водночас надмірне внесення азоту не завжди супроводжується відповідним збільшенням урожайності та може негативно впливати на якість насіння.

Важливою умовою ефективного використання добрив є врахування вологозабезпеченості посівів, зокрема запасів продуктивної вологи в ґрунті перед сівбою та особливостей розподілу опадів упродовж вегетаційного періоду. За недостатнього зволоження ефективність засвоєння поживних речовин може знижуватися, що обмежує реалізацію продуктивного потенціалу рослин навіть за високого рівня мінерального живлення.

Узагальнення результатів наукових досліджень підтверджує необхідність подальшого вдосконалення систем удобрення соняшнику з урахуванням сучасних змін ґрунтово-кліматичних умов, біологічних особливостей нових гібридів і рівня забезпеченості ґрунтів поживними речовинами. Визначення оптимальних доз та співвідношень мінеральних добрив є важливою передумовою підвищення врожайності, поліпшення якості насіння й забезпечення економічної та ресурсної ефективності технології вирощування культури.

РОЗДІЛ 2
МЕТА, ЗАВДАННЯ, УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

У період проведення досліджень щодо вивчення впливу удобрення на продуктивність соняшнику було передбачено проведення спостережень за впливом досліджуваних варіантів удобрення на ріст і розвиток рослин, формування елементів структури врожаю, рівень урожайності та якісні показники насіння соняшнику на чорноземі опідзоленому в умовах Правобережного Лісостепу України.

2.1. Мета та завдання досліджень

Метою роботи є вивчення закономірності впливу різних доз мінеральних добрив на формування елементів продуктивності, врожайність та якісні показники насіння соняшнику.

Для досягнення поставленої мети поставлені наступні завдання:

– визначити вплив мінерального живлення на формування основних елементів структури врожаю соняшнику;

– оцінити вплив різних доз мінеральних добрив на продуктивність рослин та індивідуальну насіннєву продуктивність;

– встановити особливості формування врожайності соняшнику залежно від доз мінеральних добрив;

– дослідити вплив мінерального удобрення на якісні показники насіння соняшнику, зокрема вміст олії та білка;

– провести агрохімічне, енергетичне та економічне оцінювання ефективності застосування добрив під соняшник.

2.2. Ґрунтово-кліматичні та погодні умови

Дослідження проводилися впродовж 2025–2026 рр. на полі ТОВ«Саварське», що територіально розміщене в с. Саварка Обухівського району Київської області.

Підзона Правобережного Лісостепу є однією із найбільш продуктивних за агробіологічним потенціалом. Ґрунтовий покрив зони сформований ґрунтоутворювальними породами лесами і лесовидними суглинками, досить строкатий – ясно-сірі лісові ґрунти – 3,8 %, сірі лісові – 11,3, темно-сірі опідзолені – 13, чорноземи опідзолені – 21,6, чорноземи типові – 36,5, лучно-чорноземні – 2,8 і лучні ґрунти – 3,5 % [48].

Ґрунтовий покрив дослідного поля характеризується різноманітністю ґрунтових відмін, серед яких переважають дернові та лучні ґрунти, зокрема їх оглеєні різновиди, чорноземи типові легко- і середньосуглинкові, а також чорноземи типові слабозмиті легко- та середньосуглинкового гранулометричного складу. Потужність гумусового горизонту цих ґрунтів сягає 120 см. Характерними особливостями ґрунтового покриву господарства є високий ступінь насичення вбирного комплексу кальцієм, відсутність процесів руйнування та перерозподілу колоїдних частинок у межах ґрунтового профілю. Для чорноземних ґрунтів також не характерні прояви гідроморфізму (оглеєння) та засолення як у межах ґрунтового профілю, так і в ґрунтотворній породі.

Безпосередньо на дослідній ділянці переважає чорнозем типовий крупнопилувато-середньосуглинкового гранулометричного складу. Відповідно до результатів агрохімічного обстеження, проведеного у 2020 р. лабораторією відділу агроекології та аналітичних досліджень Національного наукового центру «Інститут землеробства», досліджувані ґрунти характеризувалися такими показниками забезпеченості основними елементами живлення: вміст азоту, що легко гідролізується, становив 135 мг/кг ґрунту, рухомих сполук фосфору – 167 мг/кг, калію – 178 мг/кг. Реакція ґрунтового середовища була близькою до нейтральної, показник pH сольової витяжки становив 6,1.

Гранулометричний склад ґрунту характеризується відносною однорідністю. Щільність складення гумусового горизонту перебуває в межах 1,05–1,23 г/см³, тоді як щільність твердої фази становить 2,55–2,61 г/см³. Показники загальної пористості коливаються від 58,4 до 61,5 %, а найменша польова вологоємність становить 28,9–32,1 %. Наведені характеристики свідчать

про сприятливі водно-фізичні властивості ґрунту, що створюють належні умови для розвитку кореневої системи рослин, забезпечення повітрообміну та накопичення доступної вологи.

В цілому, сукупність агрохімічних, фізико-хімічних і водно-фізичних характеристик ґрунтів ТОВ «Саварське» свідчить про їх придатність для вирощування сільськогосподарських культур. За умови застосування науково обґрунтованої системи удобрення та дотримання відповідних агротехнологічних заходів ці ґрунти здатні забезпечувати формування запланованого рівня врожайності.

Клімат регіону, де проводились дослідження, за даним Богуславської експериментальної гідрометеорологічної станції, розміщеної за двадцять км від господарства, за тепловим режимом помірно-середньо-континентальний із нестійким зволоженням, холодними умовами взимку і жаркими, а часто і сухим влітку. Сума активних температур у межах 2400 на півночі та 3200 на півдні Правобережного Лісостепу. Гідротермічний коефіцієнт 1,1–1,2, але може змінюватися в більш широких межах. За основними складовими погоди він належить нестійкого зволоження. За даними Богуславської експериментальної гідрометеорологічної станції, середня температура повітря в січні – –3,4°С, в червні – +20,9°С. Середньорічна температура повітря – +8,8°С. В окремі роки спостерігається відхилення температур від середніх багаторічних показників.

Опадів за теплий період року випадає в середньому 395 мм, але їх розподіл у часі нерівномірний, за холодний – 191 мм. Гідротермічний коефіцієнт 1,1, але він значно змінюється по роках і періодах вегетації сільськогосподарських культур. Загалом вегетаційний період триває близько 210 діб, а період активної вегетації (температура вище 10 С) –165 діб. Період з середньодобовою температурою вище ніж +5°С триває до 230 діб, понад +10°С залежно від року – 140–160 діб.

Погодні умови за роки проведення досліджень були різними порівняно з середнім багаторічним показником (рис. 2.1, 2.2, 2.3). У 2026 р. в період сходи – 8 пар листків випало 113,0 мм, у період 8 пар листків – цвітіння –

112,3 мм, а в період достигання насіння лише 23,0 мм опадів. У 2025 р. випало відповідно 98,3, 17,9 і 17,7 мм опадів. При цьому в осінньо-зимовий період випало майже однакову кількість опадів. Так, у 2025 р. – 341 мм, а в 2026 р. – 265 мм опадів.

Отже, стартові запаси вологи і кількість опадів у період достигання насіння соняшнику були досить подібними упродовж років проведення досліджень. За кількістю опадів упродовж років досліджень сприятливішим був 2026 р. ніж 2025 р.

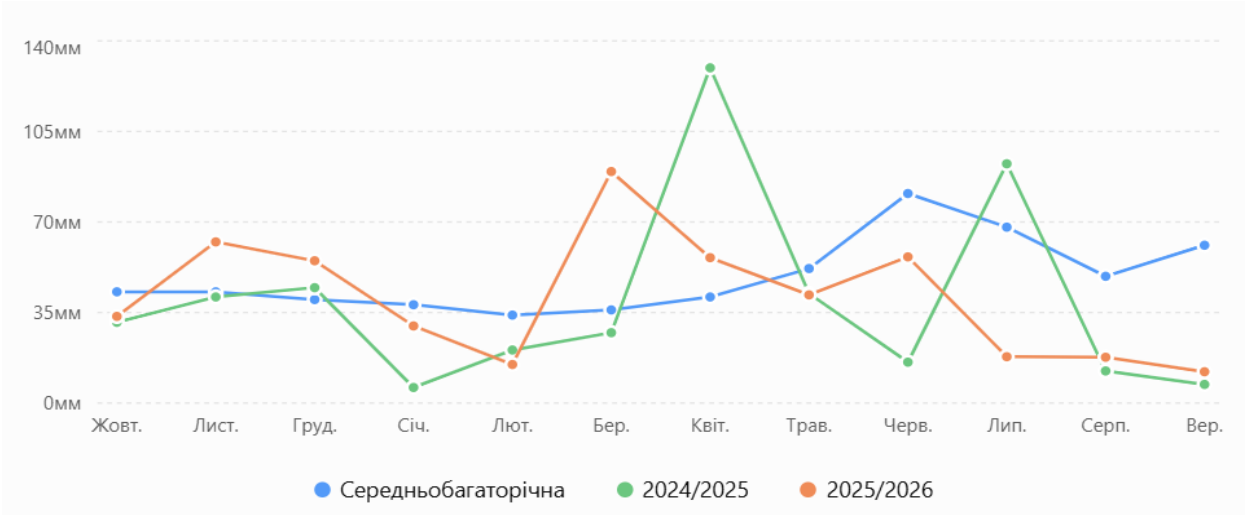


Рис. 2.1. **Динаміка кількості опадів у роки проведення досліджень** (за даними Богуславської експериментальної гідрометеорологічної станції)

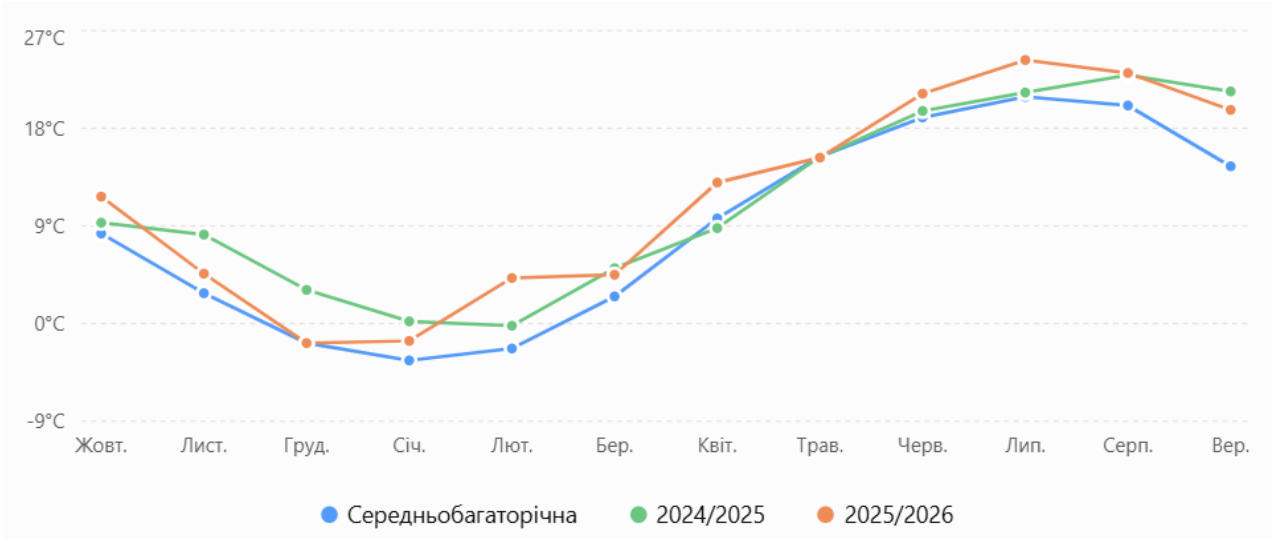


Рис. 2.2. **Динаміка середньої температури повітря у роки проведення досліджень** (за даними Богуславської експериментальної гідрометеорологічної станції)

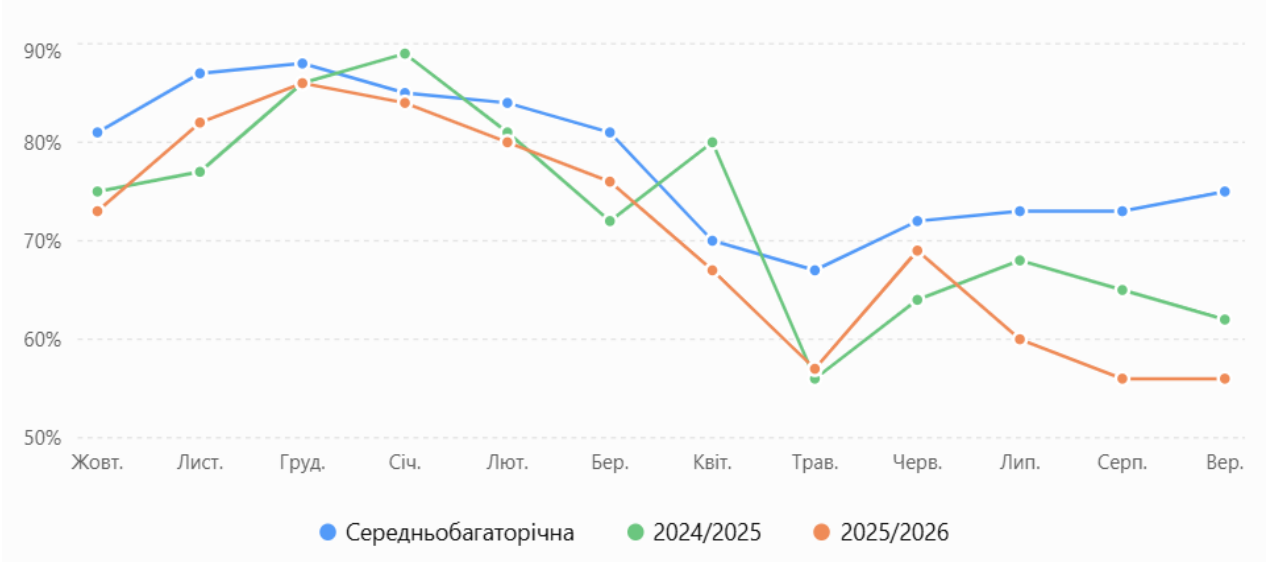


Рис. 2.3. **Динаміка відносної вологості повітря у роки проведення досліджень** (за даними Богуславської експериментальної гідрометеорологічної станції)

2.3. Методика проведення досліджень

Експериментальну частину досліджень проведено в умовах Лісостепу України у короткотривалому польовому досліді в умовах ТОВ «Саварське», яке розміщене в с. Саварка Обухівського району Київської області

Повторення досліду триразове. Площа облікової ділянки 72 м^2. Ґрунт дослідної ділянки – чорнозем опідзолений важкосуглинковий на лесі з вмістом гумусу 3,8 %, вміст азоту легкогідролізованих сполук – низький, рухомих сполук фосфору та калію – підвищений, pH_{KCl} – 5,7. Добрива застосували відповідно до схеми досліду, яка представлена в таблицях.

Закладання польових дослідів, проведення спостережень і досліджень проводили у відповідності з рекомендаціями, методичними вказівками і довідниками останніх років. Агротехніка вирощування соняшнику загальноприйнята для умов Лісостепу України.

У досліді вирощували Гібрид соняшнику СИ Бакарді КЛП (SY Bacardi CLP) компанії «Сингента», лінолевого типу. Гібрид середньостиглий, інтенсивного типу адаптивності, призначений для вирощування за технологією Clearfield® Plus. Характеризується високою пластичністю та стабільною

врожайністю, добре реалізує потенціал продуктивності на родючих ґрунтах за високого рівня агротехніки. Вміст олії в насінні становить 50–52 %. Рекомендований для вирощування в зонах Степу, Лісостепу та Полісся України.

Тип гібриду – простий. Вегетаційний період складає 112–116 діб. Швидке початкове зростання. Відмінний показник продуктивності при дотриманні збалансованого живлення, не зловживаючи азотним добривом, оптимальному зрошуванні та ранніх термінах посіву.

Основні господарсько-цінні ознаки гібриду:

Стійкість до вилягання – 7 балів.

Стійкість до вовчка рас А – Е.

Толерантність до фомопсису – 6 балів.

Толерантність до фомозу – 7 балів.

Толерантність до білої гнилі – 7 балів.

Схема застосування добрив під соняшник включала такі варіанти: Без добрив (контроль), $N_{40}P_{40}K_{40}$, $N_{70}P_{50}K_{50}$, $N_{100}P_{60}K_{60}$.

Після збирання попередника (ячмінь ярий) проводилося дискування на глибину 10–12 см та оранку на 28–30 см. Весною проводили вирівнювання зябу та передпосівну культивацію.

Система удобрення соняшнику передбачала внесення під зяблеву оранку фосфорних (суперфосфату гранульованого) і калійних добрив (калію хлористого). Весною під передпосівну культивацію згідно схеми досліду вносили азотні добрива (аміачну селітру). Всі удобрювальні продукти, які використовувалися в дослідах включені в «Перелік пестицидів та агрохімікатів, дозволених до використання в Україні».

Сівбу проводили за температурного режиму ґрунту 10–12 °С, сівалкою з шириною міжрядь 70 см. Густота рослин була 77 тис. шт./га. Глибина загортання насіння 5–6 см.

Дослідження проводилися відповідно до загальноприйнятих методик з наукових досліджень [49]. Під час вегетації виконувалися такі обліки і спостереження:

– структуру урожаю перед збиранням урожаю;

– облік урожаю зерна проводили методом збирання 20 кошиків.

Аналітичні дослідження проводилися згідно загальноприйнятих методик за такими показниками:

– у рослинних зразках визначали: вміст сухої речовини – термогравіметричним методом;

– вміст основних елементів живлення в рослинному матеріалі після мокрого озолення за МВВ 31-497058-019-2005. Рослини. Визначення загальних форм азоту, фосфору, калію в одній наважці рослинного матеріалу;

– показники якості зерна методом інфрачервоної спектроскопії за ДСТУ 4117:2007. Визначення показників якості методом інфрачервоної спектроскопії.

Господарське винесення азоту обраховували за показниками вмісту азоту в насінні та врожайності. На основі цього визначали відносне винесення азоту та його баланс у ґрунті.

Коефіцієнти використання основних елементів живлення (N, P, K) з мінеральних добрив розраховували різницевим методом [50].

Баланс елементів живлення в ґрунті розраховували за спрощеною методикою. Азот, що надходив в ґрунт з насінням, атмосферними опадами і фіксований з повітря вільноіснуючими мікроорганізмами прирівнювали до природних витрат (ерозія, вимивання, звітрювання), вважали, що фосфор і калій від ерозії й вимивання покривалися надходженням з насінням і атмосферними опадами [51].

Економічну ефективність досліджуваних елементів технології вирощування культури визначали відповідно до загальноприйнятої методики економічної оцінки результатів завершених наукових досліджень. Оцінювання здійснювали на основі аналізу виробничих витрат, вартості одержаної продукції та економічних результатів застосування досліджуваних агротехнологічних

заходів. Основними показниками економічної ефективності були вартість валової продукції, виробничі витрати на одиницю площі, собівартість одиниці продукції, умовно чистий прибуток та рівень рентабельності виробництва. Розрахунки проводили з урахуванням урожайності культури за варіантами досліду, витрат на придбання і внесення мінеральних добрив, виконання технологічних операцій та інших виробничих витрат. Порівняння отриманих економічних показників дало змогу встановити вплив досліджуваних елементів технології вирощування на прибутковість виробництва, визначити економічно доцільні варіанти удобрення та обґрунтувати ефективність їх застосування у виробничих умовах.

РОЗДІЛ 3
ПРОДУКТИВНІСТЬ СОНЯШНИКУ ЗАЛЕЖНО ВІД ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ

3.1 Формування врожайності соняшнику залежно від досліджуваних елементів технології вирощування

Соняшник – стратегічно важлива олійна культура в Україні, яка відіграє ключову роль у сільськогосподарському секторі та становить 70 % усіх вирощених олійних культур [52]. За світовим виробництвом соняшнику Україна посідає перше місце з 25 %. Крім цього, близько 57 % загального світового експорту соняшникової олії припадає на Україну [53]. Тому оптимізація удобрення нових гібридів соняшника є актуальною.

Соняшник, завдяки високій посухостійкості та адаптації до різних типів ґрунту, може рости у широкому діапазоні умов навколишнього середовища [54]. Однак, хоча соняшник є культурою з глибоким корінням, водний стрес може знизити його продуктивність [55]. Крім посухостійкості та низької потреби у засобах захисту, головною перевагою соняшнику є високий вміст олії в зерні (42–50 %). Насіння соняшнику також містить до 40 % білка [56].

Аналіз урожайності насіння соняшнику залежно від удобрення (табл. 3.1) свідчить про суттєвий позитивний вплив мінерального живлення на продуктивність культури. В обидва роки досліджень найнижчі показники врожайності отримано на контрольному варіанті без внесення добрив, тоді як підвищення доз азотних, фосфорних і калійних добрив супроводжувалося зростанням урожайності.

У 2025 році на контрольному варіанті врожайність насіння соняшнику становила 3,14 т/га. За внесення $N_{40}P_{40}K_{40}$ вона зросла до 4,59 т/га, що на 1,45 т/га, або 46,2 %, перевищувало контроль. Збільшення дози добрив до $N_{70}P_{50}K_{50}$ забезпечило врожайність 4,68 т/га з приростом 1,54 т/га (49,0 %). Найвищий показник у 2025 році – 4,98 т/га – сформувався за внесення $N_{100}P_{60}K_{60}$. Порівняно з контролем приріст становив 1,84 т/га, або 58,6 %.

У 2026 році врожайність соняшнику була нижчою в усіх варіантах досліду. Без застосування добрив вона становила 2,75 т/га. Внесення $N_{40}P_{40}K_{40}$ підвищило показник до 3,61 т/га, або на 0,86 т/га (31,3 %) порівняно з контролем. На варіанті $N_{70}P_{50}K_{50}$ отримано 3,77 т/га, що на 1,02 т/га (37,1 %) перевищувало контроль. Максимальну врожайність у 2026 році також сформовано за $N_{100}P_{60}K_{60}$ – 3,81 т/га, з приростом 1,06 т/га, або 38,5 %.

Таблиця 3.1

Урожайність насіння соняшнику залежно від удобрення, т/га

Варіант досліду	Рік дослідження		Середнє
	2025	2026	
Без добрив (контроль)	3,14	2,75	2,95
$N_{40}P_{40}K_{40}$	4,59	3,61	4,10
$N_{70}P_{50}K_{50}$	4,68	3,77	4,23
$N_{100}P_{60}K_{60}$	4,98	3,81	4,40
HIP_{05}	*0,21*	*0,17*	–

У середньому за 2025–2026 рр. урожайність соняшнику на контролі становила 2,95 т/га. Застосування $N_{40}P_{40}K_{40}$ забезпечило її підвищення до 4,10 т/га, тобто на 1,15 т/га, або 39,0 %. За внесення $N_{70}P_{50}K_{50}$ середня врожайність становила 4,23 т/га, що перевищувало контроль на 1,28 т/га (43,4 %). Найвищий середній показник – 4,40 т/га – отримано за внесення $N_{100}P_{60}K_{60}$. Приріст відносно неудобреного контролю становив 1,45 т/га, або 49,2 %.

Водночас зі збільшенням доз добрив величина додаткового приросту врожайності поступово зменшувалася. Так, перехід від $N_{40}P_{40}K_{40}$ до $N_{70}P_{50}K_{50}$ забезпечив у середньому лише 0,13 т/га додаткової врожайності, а від $N_{70}P_{50}K_{50}$ до $N_{100}P_{60}K_{60}$ – 0,17 т/га. Це свідчить про те, що найбільш виражений ефект спостерігався саме при переході від неудобреного фону до застосування мінеральних добрив.

Значення $НІР_{05}$ становило 0,21 т/га у 2025 році та 0,17 т/га у 2026 році. Прирости врожайності всіх удобрених варіантів порівняно з контролем істотно перевищували відповідні значення $НІР_{05}$, що підтверджує достовірний позитивний вплив мінерального удобрення на продуктивність соняшнику. При цьому різниця між окремими удобреними варіантами була значно меншою.

Отже, найвищу продуктивність соняшнику забезпечувало внесення $N_{100}P_{60}K_{60}$: у середньому за два роки врожайність становила 4,40 т/га, що на 49,2 % перевищувало контроль. Результати досліджень підтверджують важливу роль оптимізації мінерального живлення у реалізації продуктивного потенціалу соняшнику та водночас свідчать про помітний вплив погодних умов року на ефективність застосування добрив.

Встановлено, що врожайність стебел соняшнику найбільше збільшується від застосування азотної складової повного мінерального добрива (табл. 3.2). мінеральне удобрення позитивно впливало не лише на зернову продуктивність соняшнику, а й на формування вегетативної маси, зокрема врожайності стебел. В обидва роки досліджень зі збільшенням рівня мінерального живлення спостерігалася тенденція до зростання врожайності стебел порівняно з контрольним варіантом без застосування добрив.

У 2025 році врожайність стебел соняшнику на контролі становила 9,11 т/га. Застосування $N_{40}P_{40}K_{40}$ забезпечило її підвищення до 10,10 т/га, тобто приріст становив 0,99 т/га, або 10,9 %. За внесення $N_{70}P_{50}K_{50}$ урожайність стебел зросла до 11,04 т/га, перевищивши контроль на 1,93 т/га (21,2 %). Максимальне значення – 11,65 т/га – отримано за внесення $N_{100}P_{60}K_{60}$, що на 2,54 т/га, або 27,9 %, більше порівняно з неудобреним варіантом.

У 2026 році загальний рівень урожайності стебел був нижчим. На контрольному варіанті він становив 7,62 т/га, тоді як за внесення $N_{40}P_{40}K_{40}$ підвищувався до 8,19 т/га, або на 0,57 т/га (7,5 %). Застосування $N_{70}P_{50}K_{50}$ забезпечило формування 8,71 т/га стеблової маси, що на 1,09 т/га (14,3 %) перевищувало контроль. Найвищий показник у 2026 році також отримано за

$N_{100}P_{60}K_{60}$ – 8,76 т/га, що на 1,14 т/га, або 15,0 %, більше порівняно з варіантом без добрив.

У середньому за два роки найнижчу врожайність стебел соняшнику відзначено на контролі – 8,37 т/га. За внесення $N_{40}P_{40}K_{40}$ вона становила 9,15 т/га, що на 0,78 т/га (9,3 %) перевищувало контроль. Підвищення рівня удобрення до $N_{70}P_{50}K_{50}$ забезпечило середню врожайність 9,90 т/га та приріст 1,53 т/га (18,3 %). Максимальне середнє значення – 10,21 т/га – сформувалося за внесення $N_{100}P_{60}K_{60}$. Порівняно з контролем приріст становив 1,84 т/га, або 22,0 %.

Погодні умови року також помітно впливали на формування вегетативної маси соняшнику. У 2025 році врожайність стебел була вищою, ніж у 2026 році, в усіх варіантах досліду. Різниця між роками становила від 1,49 т/га на контролі до 2,89 т/га за внесення $N_{100}P_{60}K_{60}$. Це свідчить про те, що реалізація потенціалу формування вегетативної маси визначалася як рівнем мінерального живлення, так і умовами вегетаційного періоду.

Значення $НІР_{05}$ становило 0,61 т/га у 2025 році та 0,55 т/га у 2026 році. У 2025 році різниця між контролем і кожним удобреним варіантом перевищувала $НІР_{05}$. У 2026 році приріст за $N_{40}P_{40}K_{40}$ становив 0,57 т/га, тобто лише незначно перевищував $НІР_{05}$ (0,55 т/га), тоді як за вищих доз добрив ефект був більш вираженим. Водночас різниця між $N_{70}P_{50}K_{50}$ і $N_{100}P_{60}K_{60}$ у 2026 році становила лише 0,05 т/га, що не перевищувало $НІР_{05}$.

Таблиця 3.2

Урожайність стебел соняшнику залежно від удобрення, т/га

Варіант досліду	Рік дослідження		Середнє
	2025	2026	
Без добрив (контроль)	9,11	7,62	8,37
$N_{40}P_{40}K_{40}$	10,10	8,19	9,15
$N_{70}P_{50}K_{50}$	11,04	8,71	9,9
$N_{100}P_{60}K_{60}$	11,65	8,76	10,21
$НІР_{05}$	*0,61*	*0,55*	–

Таким чином, підвищення рівня мінерального живлення сприяло збільшенню врожайності стебел соняшнику. Найвищі показники в обидва роки досліджень отримано за внесення $N_{100}P_{60}K_{60}$ – 11,65 т/га у 2025 році та 8,76 т/га у 2026 році, а в середньому за два роки – 10,21 т/га, що на 22,0 % перевищувало контроль. При цьому зростання врожайності за переходу від $N_{70}P_{50}K_{50}$ до $N_{100}P_{60}K_{60}$ було відносно невеликим, особливо у 2026 році, що вказує на поступове зменшення додаткового ефекту від подальшого підвищення дози добрив.

Відношення врожаю стебел до врожаю насіння соняшнику змінювалося залежно від рівня мінерального живлення та умов року дослідження (табл. 3.3). Найвище значення цього показника в обидва роки встановлено на контрольному варіанті без застосування добрив, тоді як внесення мінеральних добрив сприяло його зменшенню. Це свідчить про зміну співвідношення між формуванням вегетативної та генеративної частин урожаю соняшнику під впливом удобрення.

Таблиця 3.3

Відношення врожаю стебел до насіння соняшнику залежно від удобрення

Варіант досліду	Рік дослідження		Середнє
	2025	2026	
Без добрив (контроль)	2,90	2,77	2,84
$N_{40}P_{40}K_{40}$	2,20	2,27	2,24
$N_{70}P_{50}K_{50}$	2,36	2,31	2,34
$N_{100}P_{60}K_{60}$	2,34	2,30	2,32

У 2025 р. на варіанті без застосування добрив відношення врожаю стебел до насіння становило 2,90. За внесення $N_{40}P_{40}K_{40}$ цей показник зменшувався до 2,20, що було найнижчим значенням у досліді. Підвищення рівня мінерального живлення до $N_{70}P_{50}K_{50}$ та $N_{100}P_{60}K_{60}$ супроводжувалося незначним збільшенням співвідношення – відповідно до 2,36 та 2,34. Таким чином, застосування мінеральних добрив забезпечувало нижче співвідношення врожаю стебел до насіння порівняно з неудобреним контролем.

У 2026 р. спостерігалася подібна закономірність. Найвище відношення врожаю стебел до насіння отримано на контрольному варіанті – 2,77. За внесення $N_{40}P_{40}K_{40}$ показник зменшувався до 2,27. Застосування $N_{70}P_{50}K_{50}$ забезпечувало його значення на рівні 2,31, а за найбільшої дози добрив $N_{100}P_{60}K_{60}$ – 2,30. Отже, серед удобрених варіантів різниця за цим показником була незначною.

Загалом результати досліджень свідчать, що мінеральне удобрення сприяло зменшенню відношення врожаю стебел до врожаю насіння соняшнику порівняно з контролем. При цьому збільшення доз мінеральних добрив не супроводжувалося пропорційним зростанням цього показника. Отримані результати вказують на те, що за поліпшення умов мінерального живлення приріст урожайності насіння був відносно більшим порівняно з приростом маси стебел, що зумовлювало зниження співвідношення між вегетативною та генеративною продуктивністю рослин.

Дослідженнями встановлено, що частка насіння в надземній масі соняшнику залежала від рівня мінерального живлення та зростала за застосування добрив (табл. 3.4). У 2025 р. найнижчий показник відзначено на варіанті без добрив – 25,6 %. За внесення $N_{40}P_{40}K_{40}$ частка насіння збільшувалася до 31,3 %, тобто на 5,7 відсоткового пункту порівняно з контролем. За подальшого підвищення рівня мінерального живлення цей показник становив 29,8 % у варіанті $N_{70}P_{50}K_{50}$ та 29,9 % за внесення $N_{100}P_{60}K_{60}$.

У 2026 р. спостерігалася аналогічна закономірність. На контрольному варіанті частка насіння становила 26,5 %, тоді як застосування $N_{40}P_{40}K_{40}$ забезпечило її збільшення до 30,6 %. За внесення $N_{70}P_{50}K_{50}$ та $N_{100}P_{60}K_{60}$ показник був практично однаковим і становив відповідно 30,2 та 30,3 %. Отже, порівняно з контролем застосування мінеральних добрив збільшувало частку насіння на 3,7–4,1 відсоткового пункту.

У середньому за два роки досліджень частка насіння на неудобреному контролі становила 26,1 %, тоді як за внесення мінеральних добрив вона зростала до 30,0–31,0 %. Найвищий середній показник отримано за внесення $N_{40}P_{40}K_{40}$ – 31,0 %. За $N_{70}P_{50}K_{50}$ та $N_{100}P_{60}K_{60}$ частка насіння становила відповідно 30,0 та 30,1 %.

Таблиця 3.4

Частка насіння в урожаю стебел соняшнику залежно від удобрення, %

Варіант досліду	Рік дослідження		Середнє
	2025	2026	
Без добрив (контроль)	25,6	26,5	26,10
$N_{40}P_{40}K_{40}$	31,3	30,6	30,95
$N_{70}P_{50}K_{50}$	29,8	30,2	30,00
$N_{100}P_{60}K_{60}$	29,9	30,3	30,10

Таким чином, застосування мінеральних добрив сприяло збільшенню частки насіння в загальній надземній масі соняшнику. Це узгоджується зі зниженням відношення маси стебел до маси насіння та свідчить про збільшення частки товарної продукції у сформованій надземній біомасі культури. Водночас подальше збільшення дози добрив понад $N_{40}P_{40}K_{40}$ не забезпечувало відповідного зростання цього показника.

3.2. Якісні показники насіння соняшнику

Вміст олії в насінні соняшнику мав тенденцію до зниження за внесення мінеральних добрив (табл. 3.5). При цьому встановлені відмінності були неістотними, оскільки різниця між варіантами досліду не перевищувала значення $НІР_{05}$, яке становило 2,2 % у 2025 р. та 2,1 % у 2026 р.

У 2025 р. найвищий вміст олії відзначено у варіанті без застосування добрив – 45,8 %. За внесення $N_{40}P_{40}K_{40}$ він знижувався до 44,4 %, а за $N_{70}P_{50}K_{50}$ – до 44,3 %. Застосування найбільшої дози добрив $N_{100}P_{60}K_{60}$ забезпечило формування олійності насіння на рівні 44,4 %. Отже, різниця між контролем та удобреними варіантами становила 1,4–1,5 відсоткового пункту.

У 2026 р. вміст олії змінювався у значно вужчому діапазоні – від 44,7 до 45,2 %. На контролі цей показник становив 45,1 %, за внесення $N_{40}P_{40}K_{40}$ – 45,2 %, $N_{70}P_{50}K_{50}$ – 44,9 %, а $N_{100}P_{60}K_{60}$ – 44,7 %. Отже, у 2026 р. рівень мінерального живлення ще менше впливав на олійність насіння.

У середньому за два роки досліджень найвищий вміст олії сформувався у варіанті без добрив – 45,45 %. За внесення мінеральних добрив показник становив 44,55–44,80 %. Зі збільшенням дози добрив простежувалася слабко виражена тенденція до зниження олійності насіння, проте ці зміни не були статистично істотними.

Таблиця 3.5

Вміст олії в насінні соняшнику залежно від удобрення, %

Варіант досліду	Рік дослідження		Середнє
	2025	2026	
Без добрив (контроль)	45,8	45,1	45,45
$N_{40}P_{40}K_{40}$	44,4	45,2	44,80
$N_{70}P_{50}K_{50}$	44,3	44,9	44,60
$N_{100}P_{60}K_{60}$	44,4	44,7	44,55
HIP_{05}	*2,2*	*2,1*	–

Необхідно відзначити, що вміст олії в насінні соняшнику порівняно мало змінювався за роками досліджень. У 2025 р. він становив 44,3–45,8 %, а в 2026 р. – 44,7–45,2 % залежно від варіанта удобрення. Отже, погодні умови років досліджень значно менше впливали на вміст олії, ніж на рівень урожайності насіння.

Таким чином, застосування мінеральних добрив мало тенденцію до незначного зниження вмісту олії в насінні соняшнику. Водночас величина такого зниження була меншою за $НІР_{05}$, тому достовірного впливу удобрення на олійність насіння не встановлено.

Незважаючи на певне зниження вмісту олії в насінні за внесення мінеральних добрив, підвищення врожайності культури забезпечувало істотне збільшення збору олії з одиниці площі (табл. 3.6).

У 2025 р. на контрольному варіанті збір олії становив 1438 кг/га. Застосування $N_{40}P_{40}K_{40}$ підвищувало його до 2038 кг/га, тобто на 600 кг/га, або

41,7 %, порівняно з контролем. За внесення $N_{70}P_{50}K_{50}$ отримано 2073 кг/га олії, а максимальний показник сформувався за $N_{100}P_{60}K_{60}$ – 2211 кг/га. Приріст порівняно з контролем у цьому варіанті становив 773 кг/га, або 53,8 %.

У 2026 р. збір олії був нижчим, що насамперед зумовлювалося нижчою врожайністю насіння соняшнику. На контролі отримано 1240 кг/га олії, тоді як за $N_{40}P_{40}K_{40}$ – 1632 кг/га, $N_{70}P_{50}K_{50}$ – 1693 кг/га, а за $N_{100}P_{60}K_{60}$ – 1703 кг/га. Отже, максимальна доза добрив забезпечила збільшення збору олії на 463 кг/га, або 37,3 %, порівняно з неудобреним контролем.

У середньому за два роки збір олії на контролі становив 1339 кг/га. За внесення $N_{40}P_{40}K_{40}$ він зростав до 1835 кг/га, $N_{70}P_{50}K_{50}$ – до 1883 кг/га, а максимальне значення – 1957 кг/га – отримано за застосування $N_{100}P_{60}K_{60}$. Таким чином, найбільша доза мінеральних добрив забезпечила додатковий збір 618 кг/га олії, або 46,2 %, порівняно з контролем.

Таблиця 3.6

Збір олії з урожаю насіння соняшнику залежно від удобрення, кг/га

Варіант досліду	Рік дослідження		Середнє
	2025	2026	
Без добрив (контроль)	1438	1240	1339
$N_{40}P_{40}K_{40}$	2038	1632	1835
$N_{70}P_{50}K_{50}$	2073	1693	1883
$N_{100}P_{60}K_{60}$	2211	1703	1957

Необхідно відзначити, що збір олії значно змінювався залежно від погодних умов року. У 2025 р. він становив 1438–2211 кг/га, тоді як у 2026 р. – 1240–1703 кг/га. При цьому характер реакції соняшнику на удобрення в обидва роки був подібним: найнижчі значення отримано без застосування добрив, а найвищі – за внесення $N_{100}P_{60}K_{60}$.

Отже, збір олії з одиниці площі більшою мірою визначався рівнем урожайності насіння, ніж змінами його олійності. Незважаючи на незначне

зниження вмісту олії за внесення мінеральних добрив, істотне підвищення врожайності забезпечувало збільшення її загального виходу з одиниці площі.

У результаті проведених досліджень встановлено, що продуктивність соняшнику істотно залежала від рівня мінерального живлення. У середньому за два роки врожайність насіння на варіанті без добрив становила 2,95 т/га, тоді як застосування $N_{40}P_{40}K_{40}$ забезпечило її підвищення до 4,10 т/га, $N_{70}P_{50}K_{50}$ – до 4,23 т/га, а $N_{100}P_{60}K_{60}$ – до 4,40 т/га. Отже, максимальний приріст порівняно з контролем становив 1,45 т/га, або 49,2 %.

Підвищення рівня мінерального живлення позитивно впливало також на формування вегетативної маси соняшнику. За даними досліджень, урожайність стебел збільшувалася від 8,37 т/га на контролі до 9,15 т/га за $N_{40}P_{40}K_{40}$, 9,90 т/га за $N_{70}P_{50}K_{50}$ та 10,21 т/га за $N_{100}P_{60}K_{60}$. Таким чином, найбільша доза добрив забезпечила приріст урожайності стебел на 1,84 т/га, або 22,0 %, порівняно з контролем.

Відношення врожаю стебел до врожаю насіння соняшнику знижувалося за застосування мінеральних добрив. У 2025 р. цей показник змінювався від 2,90 на контролі до 2,20–2,36 на удобрених варіантах, а у 2026 р. – від 2,77 до 2,27–2,31 відповідно. Зниження відношення маси стебел до маси насіння свідчить про збільшення частки господарсько цінної продукції в надземній масі соняшнику.

Ця закономірність підтверджується змінами частки насіння в надземній масі. У середньому за два роки на контрольному варіанті вона становила близько 26,1 %, тоді як за застосування мінеральних добрив – 30,0–31,0 %. Найвищий показник отримано за $N_{40}P_{40}K_{40}$ – близько 31,0 %. Подальше підвищення доз добрив не забезпечувало істотного збільшення частки насіння.

Вміст олії в насінні, на відміну від урожайності, реагував на удобрення значно слабше. У середньому за два роки на контролі він становив 45,45 %, тоді як на удобрених варіантах – 44,55–44,80 %. Встановлене зниження не перевищувало $НІР_{05}$, тому не було статистично істотним.

Водночас завдяки значному підвищенню врожайності насіння застосування мінеральних добрив суттєво збільшувало збір олії з одиниці площі.

У середньому за два роки він зростав від 1339 кг/га на контролі до 1835 кг/га за $N_{40}P_{40}K_{40}$, 1883 кг/га за $N_{70}P_{50}K_{50}$ та 1957 кг/га за $N_{100}P_{60}K_{60}$.

Отже, результати досліджень свідчать, що підвищення рівня мінерального живлення є ефективним чинником формування продуктивності соняшнику. Застосування NPK сприяло збільшенню врожайності насіння і стебел, підвищенню частки насіння в надземній масі та збільшенню збору олії з одиниці площі. Найвищу врожайність насіння – 4,40 т/га у середньому за два роки – та максимальний збір олії – 1957 кг/га – забезпечило внесення $N_{100}P_{60}K_{60}$. Водночас підвищення доз добрив супроводжувалося лише незначним і статистично недостовірним зниженням вмісту олії в насінні.

При цьому реакція соняшнику на удобрення залежала від погодних умов року: у менш сприятливих умовах абсолютний рівень урожайності та збору олії знижувався, однак позитивний ефект мінерального живлення зберігався.

3.3. Формування показників продуктивності рослин соняшнику

Соняшник *(Helianthus annuus L.)* належить до провідних олійних культур, які відіграють важливу роль у забезпеченні потреб харчової та переробної промисловості. Висока господарська цінність культури зумовлена значним вмістом олії в насінні, широкими можливостями її використання та вагомим економічним значенням у структурі сільськогосподарського виробництва [57].

Формування продуктивності соняшнику є складним фізіолого-біологічним процесом, який визначається генетичними особливостями рослин, ґрунтово-кліматичними умовами вирощування та рівнем забезпечення основними елементами мінерального живлення. Важливе значення мають також біотичні й абіотичні чинники, вплив яких може обмежувати реалізацію продуктивного потенціалу культури [58].

Одним із дієвих агротехнічних заходів регулювання ростових процесів і формування врожаю соняшнику є застосування мінеральних добрив. Оптимізація азотного, фосфорного та калійного живлення сприяє активізації фізіологічних процесів, поліпшенню розвитку генеративних органів і

формуванню насіння. Водночас надмірне або незбалансоване внесення поживних речовин не завжди супроводжується відповідним підвищенням продуктивності рослин і може негативно позначатися на агроекологічному стані ґрунту [59].

Раціональне використання добрив передбачає узгодження їхніх доз зі специфічними потребами культури, забезпеченістю ґрунту доступними формами поживних речовин та особливостями погодних умов вегетаційного періоду. Збалансоване мінеральне живлення створює передумови для ефективнішого використання рослинами природних ресурсів і формування високих показників індивідуальної продуктивності.

Важливими характеристиками продуктивності соняшнику є маса 1000 насінин, маса насіння з однієї рослини та кількість сформованих насінин. Зазначені показники характеризують особливості реалізації продуктивного потенціалу рослин і дають змогу оцінити їхню реакцію на різні умови мінерального живлення.

Результати досліджень засвідчили, що застосування мінеральних добрив впливало на формування маси 1000 насінин соняшнику, проте інтенсивність цього впливу залежала від дози внесення поживних речовин і року проведення досліджень (табл. 3.7).

Таблиця 3.7

Формування маси 1000 насінин соняшнику залежно від удобрення, г

Варіант досліду	Рік дослідження		Середнє
	2025	2026	
Без добрив (контроль)	44,5	43,1	43,8
$N_{40}P_{40}K_{40}$	48,3	45,2	46,8
$N_{70}P_{50}K_{50}$	48,0	43,1	45,6
$N_{100}P_{60}K_{60}$	48,6	44,6	46,6
$НІР_{05}$	*2,3*	*2,2*	–

У середньому за 2025–2026 рр. найменшу масу 1000 насінин відзначено на контрольному варіанті без внесення добрив – 43,8 г. За застосування мінерального удобрення цей показник становив 45,6–46,8 г, що перевищувало контроль на 1,8–3,0 г, або на 4,1–6,8 %.

Найвищу середню масу 1000 насінин отримано за внесення $N_{40}P_{40}K_{40}$ – 46,8 г. Підвищення дози добрив до $N_{70}P_{50}K_{50}$ супроводжувалося зменшенням показника до 45,6 г, тоді як за $N_{100}P_{60}K_{60}$ він становив 46,6 г. Збільшення кількості поживних речовин не забезпечувало пропорційного підвищення маси насіння.

У 2025 р. маса 1000 насінин змінювалася від 44,5 г на контролі до 48,6 г за $N_{100}P_{60}K_{60}$. За інших варіантів удобрення вона становила 48,0–48,3 г. Приріст до контролю дорівнював 3,5–4,1 г, або 7,9–9,2 %. За наведеного $НІР_{05}$ = 2,3 г усі ці відмінності перевищували поріг істотності.

У 2026 р. спостерігалося загальне зниження маси 1000 насінин. На контролі та за $N_{70}P_{50}K_{50}$ вона становила 43,1 г, а за $N_{40}P_{40}K_{40}$ і $N_{100}P_{60}K_{60}$ – відповідно 45,2 та 44,6 г. За $НІР_{05}$ = 2,2 г поріг істотності порівняно з контролем перевищено лише за $N_{40}P_{40}K_{40}$.

У 2025 р. маса 1000 насінин була вищою, ніж у 2026 р., за всіма варіантами. Найбільша міжрічна різниця встановлена за $N_{70}P_{50}K_{50}$ – 4,9 г, а на контролі – 1,4 г. Найвищу середню масу 1000 насінин забезпечував варіант $N_{40}P_{40}K_{40}$.

Маса насіння, сформованого однією рослиною, є важливим показником індивідуальної продуктивності. Дослідження засвідчили позитивний вплив мінерального удобрення на цей показник упродовж обох років спостережень (табл. 3.8).

У середньому за 2025–2026 рр. маса насіння з однієї рослини на контролі становила 43,0 г. Мінеральне удобрення забезпечувало збільшення до 61,3–63,5 г, або на 18,3–20,5 г (42,6–47,7 %) порівняно з контролем.

За $N_{40}P_{40}K_{40}$ середня маса насіння становила 61,3 г. Підвищення рівня живлення до $N_{70}P_{50}K_{50}$ сприяло збільшенню до 63,5 г – найвищого значення серед досліджуваних варіантів. За $N_{100}P_{60}K_{60}$ показник становив 62,4 г, тобто подальше підвищення дози не забезпечило додаткового приросту.

Таблиця 3.8

Формування маси насіння з однієї рослини соняшнику залежно від удобрення, г

Варіант досліду	Рік дослідження		Середнє
	2025	2026	
Без добрив (контроль)	39,6	46,4	43,0
$N_{40}P_{40}K_{40}$	59,0	63,6	61,3
$N_{70}P_{50}K_{50}$	62,8	64,2	63,5
$N_{100}P_{60}K_{60}$	60,0	64,7	62,4
$НІР_{05}$	*2,7*	*2,9*	–

У 2025 р. на контролі сформувалося 39,6 г насіння з рослини. За $N_{40}P_{40}K_{40}$ цей показник становив 59,0 г, за $N_{70}P_{50}K_{50}$ – 62,8 г, за $N_{100}P_{60}K_{60}$ – 60,0 г. Приріст до контролю досягав 19,4–23,2 г, або 49,0–58,6 %. За $НІР_{05}$ = 2,7 г усі удобрені варіанти істотно перевищували контроль.

У 2026 р. маса насіння з однієї рослини була вищою: 46,4 г на контролі та 63,6–64,7 г за удобрення. Найвищий показник отримано за $N_{100}P_{60}K_{60}$ – 64,7 г, що на 18,3 г, або на 39,4 %, перевищувало контроль. За $НІР_{05}$ = 2,9 г усі удобрені варіанти істотно перевищували контроль.

Порівняно з 2025 р. у 2026 р. маса насіння збільшилася на 1,4–6,8 г залежно від варіанта. Найбільша міжрічна різниця спостерігалася на контролі (6,8 г), найменша – за $N_{70}P_{50}K_{50}$ (1,4 г). Найвищий середній показник за два роки забезпечував варіант $N_{70}P_{50}K_{50}$.

Кількість насінин з однієї рослини характеризує реалізацію потенційної насіннєвої продуктивності соняшнику. Результати досліджень засвідчили залежність цього показника від рівня мінерального живлення (табл. 3.9).

У середньому за 2025–2026 рр. на контролі формувалося 983 насінини на одну рослину. За мінерального удобрення їхня кількість зростала до 1314–1399 шт., що на 331–416 шт., або на 33,7–42,3 %, перевищувало контроль.

Таблиця 3.9

Формування кількості насіння на одній рослині соняшнику залежно від удобрення, шт.

Варіант досліду	Рік дослідження		Середнє
	2025	2026	
Без добрив (контроль)	890	1076	983
$N_{40}P_{40}K_{40}$	1222	1406	1314
$N_{70}P_{50}K_{50}$	1308	1490	1399
$N_{100}P_{60}K_{60}$	1235	1451	1343
$НІР_{05}$	*62*	*65*	–

За $N_{40}P_{40}K_{40}$ середня кількість насінин становила 1314 шт., за $N_{70}P_{50}K_{50}$ – 1399 шт. (максимум), за $N_{100}P_{60}K_{60}$ – 1343 шт. Отже, найвища доза добрив не забезпечувала найбільшої кількості насінин.

У 2025 р. на контролі формувалося 890 насінин, за $N_{40}P_{40}K_{40}$ – 1222, за $N_{70}P_{50}K_{50}$ – 1308, за $N_{100}P_{60}K_{60}$ – 1235 шт. Приріст до контролю становив 332–418 шт., або 37,3–47,0 %. За $НІР_{05}$ = 62 шт. усі варіанти удобрення істотно перевищували контроль.

У 2026 р. кількість насінин становила 1076 шт. на контролі та 1406–1490 шт. за удобрення. Максимум отримано за $N_{70}P_{50}K_{50}$ – 1490 шт. Приріст до контролю становив 330–414 шт., або 30,7–38,5 %. За $НІР_{05}$ = 65 шт. усі удобрені варіанти істотно перевищували контроль.

У 2026 р. кількість насінин була вищою, ніж у 2025 р., на 182–216 шт. залежно від варіанта. Найбільшу міжрічну різницю зафіксовано за $N_{100}P_{60}K_{60}$ – 216 шт., найменшу – за $N_{70}P_{50}K_{50}$ – 182 шт. Найвищий середній показник забезпечував варіант $N_{70}P_{50}K_{50}$.

У 2025–2026 рр. мінеральне удобрення було важливим чинником формування елементів індивідуальної продуктивності соняшнику. Вплив

досліджуваних варіантів відрізнявся залежно від показника та року вирощування.

Маса 1000 насінин за удобрення становила в середньому 45,6–46,8 г, перевищуючи контроль на 4,1–6,8 %. Найвищий показник забезпечував варіант $N_{40}P_{40}K_{40}$. Маса насіння з однієї рослини збільшувалася до 61,3–63,5 г проти 43,0 г на контролі, а кількість насінин – до 1314–1399 шт. проти 983 шт.

Найвищі середні значення маси насіння з однієї рослини та кількості насінин забезпечував варіант $N_{70}P_{50}K_{50}$: приріст до контролю становив відповідно 47,7 та 42,3 %. У 2025 р. маса 1000 насінин була більшою, тоді як у 2026 р. рослини формували більшу масу та кількість насіння з однієї рослини.

Отже, серед досліджуваних варіантів $N_{70}P_{50}K_{50}$ забезпечував найвищі середні значення маси насіння та кількості насінин з однієї рослини, а $N_{40}P_{40}K_{40}$ – найбільшу масу 1000 насінин.

РОЗДІЛ 4
ЕНЕРГЕТИЧНА ТА ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОЩУВАННЯ СОНЯШНИКУ ЗАЛЕЖНО ВІД УДОБРЕННЯ

Соняшник належить до провідних олійних культур, які займають вагоме місце у структурі посівних площ України та інших країн світу. Ефективність його вирощування значною мірою визначається обґрунтованим вибором агротехнологічних заходів, спрямованих на реалізацію продуктивного потенціалу рослин. Провідні позиції соняшнику у виробництві олійної продукції зумовлюють його важливе господарське та економічне значення для аграрного сектору України [57]. Частка олійних культур у загальній структурі посівних площ сільськогосподарських угідь перевищує 30 % у різних природно-кліматичних зонах країни. Сучасне виробництво олійних культур характеризується переважанням інтенсивних технологій вирощування, а перспективи його подальшого розвитку пов'язані насамперед зі збільшенням валових зборів завдяки підвищенню врожайності, впровадженню високопродуктивних сортів і гібридів та вдосконаленню технологічних прийомів вирощування [57].

В умовах посилення антропогенного навантаження на агроекосистеми, погіршення водного та поживного режимів ґрунту, а також зниження вмісту гумусу особливого значення набуває вдосконалення системи живлення соняшнику. Одним із напрямів мінімізації впливу зазначених чинників є раціональне застосування мінеральних і органічних добрив, мікродобрив та регуляторів росту рослин [60, 61]. Використання біологічно активних препаратів сприяє активізації фізіолого-біохімічних процесів, зокрема регуляції мембранного транспорту, поділу клітин, дихання, мінерального живлення, ферментативної активності та фотосинтезу. Під їхнім впливом можуть покращуватися формування й розвиток листкового апарату, а також ріст кореневої системи, що забезпечує збільшення її поглинальної поверхні та ефективніше засвоєння води й поживних речовин із ґрунту [62].

Важливим чинником реалізації продуктивного потенціалу соняшнику є оптимізація системи удобрення, яка забезпечує належні умови для росту, розвитку рослин і формування врожаю. Комплексне використання мінеральних та органічних добрив у поєднанні з біологічними препаратами сприяє поліпшенню поживного режиму ґрунту, підвищенню доступності елементів живлення, активізації фотосинтетичної діяльності рослин і створенню сприятливих умов для накопичення олії в насінні [63]. Результати наукових досліджень [37, 63, 64,] підтверджують перспективність застосування біодобрив та впровадження інноваційних агротехнологічних рішень, спрямованих на збереження й відтворення родючості ґрунтів, раціональне використання водних ресурсів, зменшення негативного впливу сільськогосподарського виробництва на довкілля та забезпечення екологічно збалансованого розвитку аграрного сектору.

Результати проведених досліджень свідчать про те, що витрати діючої речовини мінеральних добрив на формування 1 т приросту врожаю насіння соняшнику змінювалися залежно від рівня мінерального живлення та року вирощування культури (табл. 4.1). У середньому за 2025–2026 рр. найменші витрати добрив встановлено за внесення $N_{40}P_{40}K_{40}$ – 171 кг д. р./т приросту врожаю. Збільшення дози мінеральних добрив до $N_{70}P_{50}K_{50}$ супроводжувалося підвищенням цього показника до 178 кг д. р./т, або на 4,1 % порівняно з попереднім варіантом. Найвищі середні витрати добрив відзначено за застосування $N_{100}P_{60}K_{60}$ – 184 кг д. р./т, що на 13 кг д. р., або на 7,6 %, перевищувало показник варіанта $N_{40}P_{40}K_{40}$.

Таблиця 4.1

Витрати добрив на 1 т приросту врожаю соняшнику, кг д. р./т

Варіант досліду	Рік дослідження		Середнє
	2025	2026	
$N_{40}P_{40}K_{40}$	136	206	171
$N_{70}P_{50}K_{50}$	130	226	178
$N_{100}P_{60}K_{60}$	148	220	184

Аналіз результатів за окремими роками досліджень показав істотну мінливість витрат добрив на формування одиниці приросту врожаю. У 2025 р. цей показник становив 130–148 кг д. р./т залежно від варіанта удобрення. Найменші витрати встановлено за внесення $N_{70}P_{50}K_{50}$ – 130 кг д. р./т, тоді як за $N_{40}P_{40}K_{40}$ вони становили 136 кг д. р./т. Застосування підвищеної дози добрив $N_{100}P_{60}K_{60}$ супроводжувалося збільшенням витрат до 148 кг д. р./т.

У 2026 р. витрати мінеральних добрив на формування 1 т приросту врожаю насіння соняшнику були значно вищими порівняно з попереднім роком і змінювалися в межах 206–226 кг д. р./т. Найнижче значення показника отримано за внесення $N_{40}P_{40}K_{40}$ – 206 кг д. р./т, тоді як за $N_{70}P_{50}K_{50}$ витрати зростали до 226 кг д. р./т. За застосування $N_{100}P_{60}K_{60}$ вони становили 220 кг д. р./т.

Порівняння результатів двох років досліджень свідчить, що у 2026 р. витрати добрив на формування 1 т приросту врожаю перевищували відповідні показники 2025 р. на 70–96 кг д. р./т, або на 47,3–73,8 % залежно від варіанта удобрення. Найбільше збільшення встановлено за внесення $N_{70}P_{50}K_{50}$, а найменше – за $N_{40}P_{40}K_{40}$.

Найменші середні витрати мінеральних добрив на формування одиниці приросту врожаю насіння соняшнику забезпечувало застосування $N_{40}P_{40}K_{40}$. Підвищення доз мінерального живлення загалом супроводжувалося збільшенням питомих витрат добрив, що свідчить про відсутність пропорційного зростання приросту врожайності зі збільшенням кількості внесених поживних речовин.

Дослідженнями встановлено, що витрати діючої речовини мінеральних добрив на формування 1 т приросту врожаю насіння соняшнику змінювалися залежно від рівня мінерального живлення та року вирощування культури (табл. 4.1). У середньому за 2025–2026 рр. найменші витрати добрив встановлено за внесення $N_{40}P_{40}K_{40}$ – 171 кг д. р./т приросту врожаю. Збільшення дози мінеральних добрив до $N_{70}P_{50}K_{50}$ супроводжувалося підвищенням цього показника до 178 кг д. р./т, або на 4,1 % порівняно з попереднім варіантом. Найвищі середні витрати добрив відзначено за застосування $N_{100}P_{60}K_{60}$ – 184 кг д. р./т,

що на 13 кг д. р., або на 7,6 %, перевищувало показник варіанта $N_{40}P_{40}K_{40}$.

Таблиця 4.2

Окупність 1 кг д. р. азотних добрив, кг насіння соняшнику

Варіант досліду	Рік дослідження		Середнє
	2025	2026	
$N_{40}P_{40}K_{40}$	21,3	11,3	16,30
$N_{70}P_{50}K_{50}$	15,2	9,3	12,25
$N_{100}P_{60}K_{60}$	13,9	7,3	10,60

Аналіз результатів за окремими роками досліджень показав істотну мінливість витрат добрив на формування одиниці приросту врожаю. У 2025 р. цей показник становив 130–148 кг д. р./т залежно від варіанта удобрення. Найменші витрати встановлено за внесення $N_{70}P_{50}K_{50}$ – 130 кг д. р./т, тоді як за $N_{40}P_{40}K_{40}$ вони становили 136 кг д. р./т. Застосування підвищеної дози добрив $N_{100}P_{60}K_{60}$ супроводжувалося збільшенням витрат до 148 кг д. р./т.

У 2026 р. витрати мінеральних добрив на формування 1 т приросту врожаю насіння соняшнику були значно вищими порівняно з попереднім роком і змінювалися в межах 206–226 кг д. р./т. Найнижче значення показника отримано за внесення $N_{40}P_{40}K_{40}$ – 206 кг д. р./т, тоді як за $N_{70}P_{50}K_{50}$ витрати зростали до 226 кг д. р./т. За застосування $N_{100}P_{60}K_{60}$ вони становили 220 кг д. р./т.

Порівняння результатів двох років досліджень свідчить, що у 2026 р. витрати добрив на формування 1 т приросту врожаю перевищували відповідні показники 2025 р. на 70–96 кг д. р./т, або на 47,3–73,8 % залежно від варіанта удобрення. Найбільше збільшення встановлено за внесення $N_{70}P_{50}K_{50}$, а найменше – за $N_{40}P_{40}K_{40}$.

Серед досліджуваних варіантів удобрення, найменші середні витрати мінеральних добрив на формування одиниці приросту врожаю насіння соняшнику забезпечувало застосування $N_{40}P_{40}K_{40}$. Підвищення доз мінерального живлення загалом супроводжувалося збільшенням питомих витрат добрив, що свідчить про відсутність пропорційного зростання приросту врожайності зі

збільшенням кількості внесених поживних речовин.

Результати досліджень засвідчили, що окупність 1 кг діючої речовини мінеральних добрив приростом урожаю насіння соняшнику залежала від рівня удобрення та року вирощування культури (табл. 4.3). У середньому за 2025–2026 рр. найвищий показник встановлено за внесення $N_{70}P_{50}K_{50}$ – 5,35 кг насіння, що на 1,9 % перевищувало варіант $N_{40}P_{40}K_{40}$ (5,25 кг). Подальше збільшення дози добрив до $N_{100}P_{60}K_{60}$ супроводжувалося зниженням окупності до 4,90 кг, або на 8,4 % порівняно з найкращим варіантом.

Таблиця 4.3

Окупність 1 кг д. р. добрив, кг насіння соняшнику

Варіант досліду	Рік дослідження		Середнє
	2025	2026	
$N_{40}P_{40}K_{40}$	6,5	4,0	5,25
$N_{70}P_{50}K_{50}$	7,0	3,7	5,35
$N_{100}P_{60}K_{60}$	6,0	3,8	4,90

У 2025 р. окупність мінеральних добрив становила 6,0–7,0 кг насіння на 1 кг д. р., тоді як у 2026 р. знизилася до 3,7–4,0 кг, або на 36,7–47,1 %. У середньому за два роки найвищу окупність забезпечувало внесення $N_{70}P_{50}K_{50}$ – 5,35 кг насіння на 1 кг д. р., тоді як подальше збільшення дози добрив супроводжувалося зниженням ефективності їх використання.

Результати досліджень свідчать, що коефіцієнт енергетичної ефективності застосування мінеральних добрив під соняшник залежав від рівня удобрення та року вирощування культури (табл. 4.4). У середньому за 2025–2026 рр. найвищий показник встановлено за внесення $N_{40}P_{40}K_{40}$ – 1,77. Збільшення дози добрив до $N_{70}P_{50}K_{50}$ супроводжувалося зниженням коефіцієнта до 1,33, а за $N_{100}P_{60}K_{60}$ він становив 1,12, що на 36,7 % менше порівняно з варіантом $N_{40}P_{40}K_{40}$.

У 2025 р. коефіцієнт енергетичної ефективності змінювався в межах 1,69–2,48, досягаючи найвищого значення за внесення $N_{40}P_{40}K_{40}$. У 2026 р. цей показник знизився до 0,55–1,06, за застосування $N_{70}P_{50}K_{50}$ та $N_{100}P_{60}K_{60}$ він був

меншим за одиницю, що свідчить про перевищення додаткових енергетичних витрат над енергетичним ефектом від приросту врожаю.

Таблиця 4.4

Коефіцієнт енергетичної ефективності застосування добрив під соняшник

Варіант досліду	Рік дослідження		Середнє
	2025	2026	
$N_{40}P_{40}K_{40}$	2,48	1,06	1,77
$N_{70}P_{50}K_{50}$	1,80	0,85	1,33
$N_{100}P_{60}K_{60}$	1,69	0,55	1,12

Найвищу енергетичну ефективність серед досліджуваних варіантів забезпечувало внесення $N_{40}P_{40}K_{40}$, тоді як підвищення доз мінеральних добрив супроводжувалося зниженням ефективності їх використання.

Економічна ефективність застосування мінеральних добрив під соняшник залежала від рівня удобрення та величини виробничих витрат (табл. 4.5). Найвищий умовно чистий прибуток отримано за внесення $N_{70}P_{50}K_{50}$ – 19,9 тис. грн/га, що на 1,1 тис. грн/га, або на 5,9 %, перевищувало показник варіанта $N_{40}P_{40}K_{40}$ (18,8 тис. грн/га).

Таблиця 4.5

Економічна ефективність внесення добрив під соняшник

Варіант досліду	Показник				
	Приріст урожаю, т/га	Витрати на внесення добрив,	Вартість продукції, тис. грн/га	Умовно чистий прибуток, тис. грн/га	Рівень рентабельності, %
$N_{40}P_{40}K_{40}$	1,23	11,96	30,8	18,8	157
$N_{70}P_{50}K_{50}$	1,34	13,58	33,5	19,9	147
$N_{100}P_{60}K_{60}$	1,26	12,96	31,6	18,6	144

Збільшення дози добрив до $N_{100}P_{60}K_{60}$ супроводжувалося зниженням прибутку до 18,6 тис. грн/га, незважаючи на підвищення витрат на внесення добрив.

Найвищу врожайність насіння соняшнику (1,34 т/га) та вартість отриманої продукції (33,5 тис. грн/га) забезпечувало внесення $N_{70}P_{50}K_{50}$. За цього варіанта рівень рентабельності становив 147 %, тоді як за $N_{40}P_{40}K_{40}$ він досягав максимального значення – 157 %. Найменший рівень рентабельності встановлено за застосування $N_{100}P_{60}K_{60}$ – 144 %.

Таким чином, за результатами проведених досліджень встановлено, що $N_{70}P_{50}K_{50}$ забезпечував найбільший умовно чистий прибуток, тоді як $N_{40}P_{40}K_{40}$ характеризувався найвищим рівнем рентабельності, що свідчить про економічну доцільність застосування помірних доз мінеральних добрив під соняшник.

У результаті проведених розрахунків встановлено, що ефективність застосування мінеральних добрив під соняшник залежала від рівня удобрення та року проведення досліджень.

У середньому за 2025–2026 рр. витрати добрив на формування 1 т приросту врожаю насіння становили 171–184 кг д. р., причому найменший показник забезпечувало внесення $N_{40}P_{40}K_{40}$. Окупність 1 кг д. р. азотних добрив змінювалася в межах 10,60–16,30 кг насіння, а мінеральних добрив загалом – 4,90–5,35 кг. Найвищу окупність азотних добрив встановлено за $N_{40}P_{40}K_{40}$, а всіх мінеральних добрив – за $N_{70}P_{50}K_{50}$.

Коефіцієнт енергетичної ефективності в середньому за два роки становив 1,12–1,77, досягаючи максимального значення за внесення $N_{40}P_{40}K_{40}$. Збільшення доз мінеральних добрив супроводжувалося зниженням енергетичної ефективності їх застосування.

Найвищий умовно чистий прибуток забезпечувало внесення $N_{70}P_{50}K_{50}$ – 19,9 тис. грн/га, тоді як максимальний рівень рентабельності (157 %) встановлено за $N_{40}P_{40}K_{40}$.

Узагальнення отриманих результатів свідчить, що застосування $N_{40}P_{40}K_{40}$ сприяло досягненню найвищих показників енергетичної ефективності та рентабельності виробництва насіння соняшнику, тоді як внесення $N_{70}P_{50}K_{50}$ забезпечувало максимальний рівень умовно чистого прибутку.

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі наведено результати досліджень впливу різних доз мінеральних добрив на формування врожайності, якісних показників насіння та елементів індивідуальної продуктивності рослин соняшнику в умовах Лісостепу України. За результатами досліджень 2025–2026 рр. визначено ефективність застосування мінеральних добрив та обґрунтовано доцільність їх використання з урахуванням продуктивних, енергетичних і економічних показників.

1. Встановлено, що застосування мінеральних добрив позитивно впливало на врожайність соняшнику. У середньому за 2025–2026 рр. на контрольному варіанті врожайність становила 2,95 т/га, тоді як за внесення $N_{40}P_{40}K_{40}$ – 4,10 т/га, $N_{70}P_{50}K_{50}$ – 4,23 т/га та $N_{100}P_{60}K_{60}$ – 4,40 т/га. Найвищу врожайність забезпечувало внесення $N_{100}P_{60}K_{60}$, за якого приріст порівняно з контролем становив 1,45 т/га, або 49,2 %.

2. Мінеральне удобрення впливало на формування якісних показників насіння соняшнику. У середньому за роки досліджень найвищий збір олії забезпечувало внесення $N_{100}P_{60}K_{60}$ – 1,96 т/га проти 1,34 т/га на контролі. Водночас найбільший вміст білка в насінні встановлено за $N_{40}P_{40}K_{40}$ – 30,95 % порівняно з 26,10 % на варіанті без добрив. Найвищий вміст олії, навпаки, спостерігався на контролі – 45,45 %, тоді як за удобрення цей показник становив 44,55–44,80 %.

3. Застосування мінеральних добрив сприяло поліпшенню елементів індивідуальної продуктивності рослин соняшнику. Маса 1000 насінин у середньому за 2025–2026 рр. становила 43,8 г на контролі та 45,6–46,8 г за удобрення. Найвищий показник забезпечувало внесення $N_{40}P_{40}K_{40}$ – 46,8 г. Максимальну масу насіння з однієї рослини отримано за $N_{70}P_{50}K_{50}$ – 63,5 г, що на 20,5 г, або 47,7 %, перевищувало контрольний варіант. За цієї дози добрив формувалася також найбільша кількість насінин з однієї рослини – 1399 шт. проти 983 шт. без удобрення.

4. Ефективність використання мінеральних добрив залежала від їх дози та погодних умов року дослідження. У середньому за два роки витрати добрив на формування 1 т приросту врожаю насіння становили 171–184 кг д. р. Найменші витрати встановлено за $N_{40}P_{40}K_{40}$ – 171 кг д. р. Окупність 1 кг д. р. азотних добрив змінювалася від 10,60 до 16,30 кг насіння, досягаючи максимального значення за $N_{40}P_{40}K_{40}$. Найвищу окупність мінеральних добрив загалом забезпечувало внесення $N_{70}P_{50}K_{50}$ – 5,35 кг насіння на 1 кг д. р.

5. Встановлено, що збільшення доз мінеральних добрив супроводжувалося зниженням енергетичної ефективності їх застосування. У середньому за 2025–2026 рр. коефіцієнт енергетичної ефективності становив 1,77 за $N_{40}P_{40}K_{40}$, 1,33 – за $N_{70}P_{50}K_{50}$ та 1,12 – за $N_{100}P_{60}K_{60}$. Найбільш енергетично ефективним виявилося внесення $N_{40}P_{40}K_{40}$, тоді як подальше підвищення рівня мінерального живлення зменшувало ефективність використання енергетичних ресурсів.

6. Економічна оцінка застосування мінеральних добрив засвідчила, що найвищий умовно чистий прибуток забезпечувало внесення $N_{70}P_{50}K_{50}$ – 19,9 тис. грн/га за рівня рентабельності 147 %. Водночас максимальну рентабельність – 157 % – отримано за $N_{40}P_{40}K_{40}$, що забезпечувало умовно чистий прибуток 18,8 тис. грн/га. Отже, серед досліджуваних доз мінеральних добрив $N_{40}P_{40}K_{40}$ характеризувалася найвищими показниками енергетичної ефективності та рентабельності, тоді як $N_{70}P_{50}K_{50}$ забезпечувала найбільший умовно чистий прибуток.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

В умовах Лісостепу України на чорноземних ґрунтах для оптимізації мінерального живлення соняшнику, підвищення врожайності та забезпечення високої економічної й енергетичної ефективності його вирощування рекомендується застосовувати мінеральні добрива в дозі $N_{40}P_{40}K_{40}$, що забезпечує формування врожайності насіння на рівні 4,10 т/га, рентабельність 157 % та коефіцієнт енергетичної ефективності 1,77.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Ткачук О. П., Бондарук Н. В. Фактори інтенсифікації та екологізації вирощування соняшнику. Аграрні інновації. 2023. № 18. С. 120–127.
2. Depar M. S., Baloch M. J., Chacher Q. U. General and specific combining abil- ity estimates for Morphological, yield and its attributes and seed traits in sunflower (Helianthus annuus) Pakistan Journal of Scientific and Industrial Research Series B: Biological Sciences. 2018. Vol. 61(3). P. 126–135.
3. Димитров С. Г. Формування продуктивності гібридів соняшнику залежно від елементів технології вирощування. Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків. 2015. Вип. 23. С. 19–23.
4. Карбівська У. М., Турак Р. О. Вплив строків посіву на продуктивність соняшнику в умовах Прикарпаття. Український журнал природничих наук. 2024. № 7. С. 141–147. DOI: 10.32782/naturaljournal.7.2024.15.
5. Ткачук О. П., Овчарук В. В. Потенціал біомаси побічної продукції рослинництва для удобрення ґрунту. Scientific achievements of modern society. Abstracts of IX international scientific and practical conference, April 28–30. Liverpool. 2020. P. 1069–1076
6. Sakharchuk O. V., Garbar L. A. Optimization of nutrition conditions of sunflower growing. Myronivka Bulletin. 2018. № 7 (0). P. 146–155. DOI: 10.31073/mvis201807-14
7. Каленська С. М., Присяжнюк О. І., Мокрієнко В. А. Пластичність урожайності гібридів соняшнику в умовах Лівобережного Лісостепу України. Plant Varieties Studying and Protection. 2020. V. 16. № 4. P. 402–406. DOI: 10.21498/2518-1017.16.4.2020.224058
8. 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: 10.56739/ jor.v38i1.137020.
9. 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. DOI: 10.4236/as.2018.910093

10. Дахновська О. В. Шляхи використання соняшникового лушпиння. Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія: Технічні науки. 2012. Вип. 11(2). С. 156–160.

11. Гавриш В. І. Лушпиння соняшника як енергетичний ресурс переробних підприємств. Розвиток українського села – основа аграрної реформи в Україні: матеріали Причорноморської регіональної наук.- практ. конф. професорсько-викладацького складу, м. Миколаїв, 20–22 квітня 2022 р. Миколаїв, 2022. С. 41– 44.

12. Зінченко О. І. Рослинництво: підручник. Вид. третє, доповнене і переробл. Умань: Видавець «Сочінський М.М.». 2016. 612 с.

13. Сидякіна О. В., Гамаюнова В. В. Сучасний стан та перспективи виробництва насіння соняшнику. Таврійський науковий вісник. 2023. № 131. С. 196–204.

14. 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

15. 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

16. Domaratskyi Y. Leaf Area Formation and Photosynthetic Activity of Sunflower Plants Depending on Fertilizers and Growth Regulators. Journal of Ecological Engineering. 2021. № 22(6). P. 99–105.

17. Kalenska S., Ryzhenko A., Novytska N., Garbar L. Stolyarchuk T., Kalenskyi V., Shytiy O. Morphological features of plants and yield of sunflower hybrids cultivated in the Northern part of the Forest-Steppe of Ukraine. *American journal of Plant Science*. 2020. Vol. 11 No. 8. P. 213–221.

18. Alzain M.N., Loutfy N., Aboelkassem A. Effects of Different Kinds of Fertilizers on the Vegetative Growth Antioxidative Defense System and Mineral

Properties of Sunflower Plants. *Sustainability*. 2023. Vol. 15. 10072.

19. 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.

20. Melnyk A. et al. Productivity and Quality of High-Oleic Sunflower Seeds as Influenced by Foliar Fertilizers and Plant Growth Regulators in the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine. AgroLife Scientific Journal. 2019. № 8. P. 167–174.

21. Yeremenko O., Kalenska S., Kalytka V. Safflower Productivity Depending on Seed Treatment by AKM Plant Growth Regulator and Level of Mineral Nutrition. Agriculture & Forestry. 2018. № 64. P. 65–72. DOI: 10.17707/AgricultForest.64.1.08

22. Ткаліч І. Д., Гирка А. Д., Бочевар О. В., Ткаліч Ю. І. Агротехнічні заходи підвищення урожайності насіння соняшника в умовах Степу України. Зернові культури. 2018. Т. 2. №1. С. 44–52.

23. Цилюрик О. І., Кулік А. Ф., Гончар Н. В. Біологічна активність ґрунту за різних способів його обробітку та удобрення в посівах соняшнику. Вісник Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету. 2017. № 2 (44) С. 42–48.

24. Shakaliy S. M. Formation crop yield and quality of sunflower seedsdepending on foliarfeeding. Graincrops. 1(1). 2017. P. 69–74.

25. Цилюрик О. І. та інш. Вплив мінімального обробітку ґрунту та удобрення на урожайність і олійність насіння соняшнику в умовах Північного Степу. Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони Національної академії аграрних наук України. 2015. № 9. С. 11–15.

26. Trotsenko V. et al. Models of sunflower productivity formation and their efficiency in the conditions of the north-eastern Forest-Steppe of Ukraine. Bulletin of Sumy National Agrarian University. 2020. № 40(2). P. 72–78. DOI: 10.32845/agrobio.2020.2.9.

27. Базалій В. В., Добровольський А. В. Нові можливості підвищення

ефективності виробництва продукції соняшника. Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки. 2015. №93. С. 3–6.

28. Каленська С. М., Гарбар Л. А., Горбатюк Е. М. Роль регламентів сівби у формуванні фітометричних показників соняшнику. Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки. 2020. № 113. С. 49–55. DOI: 10.32851/2226-0099.2020.113.7.

29. 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.

30. Duca M. et al. Environmental response in sunflower hybrids: A multivariate approach Romanian. Agricultural Research. № 39. 2022. P. 2–14.

31. Domaratskiy E. O. et al. Analysis of Synergetic Effects from Multifunctional Growth Regulating Agents in the of Sunflower Mineral Nutrition System. Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical. 2019. Vol. 10 (2). P. 301–308.

32. Agegnehu G., Nelson P. N., Bird M. I. Crop yield, plant nutrient uptake and soil physicochemical properties under organic soil amendments and nitrogen fertilization on Nitisols. *Soil and Tillage Research*. 2016. Vol. 160. P. 1– 13.

33. Duca M. et al. Environmental response in sunflower hybrids: A multivariate approach Romanian. Agricultural Research. № 39. 2022. P. 2–14.

34. 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.

35. 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.

36. Nobile C. M. et al. Phosphorus sorption and availability in an andosol after a decade of organic or mineral fertilizer applications: Importance of pH and organic carbon modifications in soil as compared to phosphorus accumulation. Chemosphere. 2020. № 239. P. 124–132. DOI: 10.1016/j. chemosphere.2019.124709

37. 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.

38. Sefaoglu F. et al. Effect of organic and inorganic fertilizers or their combinations on yield and quality components of oil seed sunflower in a semi-arid environment. Turkish Journal of Field Crops. 2021. № 26 (1). P. 88–95. DOI: 10.17557/tjfc.869335

39. Nazar R. et al. Cadmium toxicity in plants and role of mineral nutrients in its alleviation. American Journal of Plant Sciences. 2012. Vol. 3. P. 1476–1489.

40. Handayati W., Sihombing D. Study of NPK fertilizer effect on sunflower growth and yield. International conference on biology and applied science (ICOBAS). 2019. DOI: 10.1063/1.5115635

41. 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 (8). P. 20–28. DOI: 10.3390/agronomy13082074

42. Hanhur V. V. Influence of mineral fertilizers on the content of nutrients in the soil and the yield of sunflower hybrids of different maturity groups. Scientific Progress & Innovations. 2021. № 1. P. 116–121. DOI: 10.31210/visnyk2021.01.13

43. Губенко Л. В., Задубинна Є. В., Тарасенко Т. В. Формування продуктивності соняшнику залежно від систем основного обробітку грунту і удобрення. Землеробство. 2018. Вип. 1. С. 27–31.

44. Гангур В. В., Космінський О.О., Лень О.І., Тоцький В.М. Вплив удобрення на продуктивність соняшнику та якість насіння. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2022. № 2. С. 50–56. URL: 68 https://journals.pdaa.edu.ua/visnyk/article/view/1635/2033

45. Фурманець М. Г., Фурманець Ю. С., Фурманець І. Ю. Вплив систем обробітку ґрунту та удо-брення на вологозабезпеченість та продуктивність соняшнику в західному Лісостепу України. Зернові культури. 2024. Т. 8. № 2. С. 342–349. DOI: 10.31867/2523-4544/0348

46. Мащенко Ю., Гайденко О., Мудріченко М. Як впливає удобрення на

урожайність соняшнику? Агрономія Сьогодні. 2017. URL : http://agrobusiness.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/808-iak-vplyvaie-udobrennia-naurozhainist-soniashnyku.html

47. Черно О. Д., Усатюк О. В. Ріст рослин соняшнику за різних сценаріїв застосування мікродобрив на тлі основного внесення елементів живлення. Збірник наукових праць Уманського національного університету. Випуск 107. Частина 1. 2025. С. 439–444.

48. Полупан М. І., Величко В. А. Українське агрономічне ґрунтознавство : підручник : у 2 ч. / за ред. М. І. Полупана. Київ : Аграрна наука, 2019. Ч. 2 : Класифікація ґрунтів. Ґрунтово-екологічне районування. 442 с.

49. Єщенко В. О., Копитко П. Г., Костогриз П. В., Опришко В. П. Основи наукових досліджень; за ред. В. О. Єщенка. Вінниця : ПП «ТД «Едельвейс і К», 2014. 332 с.

50. Господаренко Г. М. Практикум з агрохімії. Київ : ТОВ «СІК ГРУП УКРАЇНА», 2020. 148 с.

51. Господаренко Г. М. Система застосування добрив. Київ : ТОВ «ТРОПЕА», 2022. 376 с.

52. Кононенко І.І., Ковальчук М.М. Соняшникова олія в харчуванні: історія, технології, перспективи. Львів: Інститут харчової біотехнології, 2016. 167 с.

53. European Commission. Eurostat. Data Database. Monthly minimum wages – bi-annual data (earn_mw_cur). URL: https://appsso. eurostat. ec. europa. eu/nui/show. do? dataset=ea rn_mw_cur&lang=en.

54. Adeleke B.S., Babalola O.O. Oilseed crop sunflower (Helianthus annuus) as a source of food: Nutritional and health benefits. *Food Sci Nutr*. 2020. Vol. 8. P. 4666–4684.

55. Tasneem B., Zia-Ur-Rehman M., Kulsoom Z., et al. (2015). Chemistry, Pharmacology and Ethnomedicinal Uses of Helianthus annuus (Sunflower): A Review. *Pure and Applied Biology*. 2015. Vol. 4. P. 226–235.

56. Sokolovska I., Maschenko Yu. Biotechnological methods of growing

sunflower in different fertilizer systems. *HELIA*. 2023. Vol. 46 (79). P. 233–243.

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

58. Любич В. В., Войтовська В. І. Технологічне оцінювання насіння сортів арахісу. *Вісник ЛТЕУ*. 2023. № 34. С. 40–45.

59. Любич В. В., Остапчук В. В. Формування продуктивності тритикале озимого різних доз азотних добрив, позакореневого підживлення та сеникації. *Збірник Уманського національного університету*. 2025. Вип. 106, Ч. 1. С. 10–18.

60. Wu X., Li J., Xue X., Wang R., Liu W., Yang B., et al. Matching fertilization with available soil water storage to tackle the trade-offs between high yield and low N2O emissions in a semi-arid area: Mechanisms and solutions. *Agric. Water Manage*. 2023. Vol. 288. 108488.

61. Sim D. H. H., Tan I. A. W., Lim L. L. P., Hameed B. H. Encapsulated biochar-based sustained release fertilizer for precision agriculture: A review. *J. Cleaner Production*. 2021. Vol. 303. 127018.

62. Lafer G. A., Savin R. Can N management affect the magnitude of yield loss due to heat waves in wheat and maize? Curr. Opin. *Plant Biol*. 2018. Vol. 45. P. 276–283.

63. Thorup-Kristensen K., Halberg N., Nicolaisen M., Olesen J. E., Crews T. E., Hinsinger P., et al. Digging deeper for agricultural resources, the value of deep rooting. *Trends Plant Sci*. 2020. Stepasyuk L. et al. The cost recovery in the cultivation of different sunflower seed hybrids. BIO Web of Conferences. 2024. № 114. P. 12–18. DOI: 10.1051/bioconf/202411401016 Vol. 25. P. 406–417.

64. Totskyi V. M., Len A. I. Influence of macro- and micro fertilizers on biometry, performance and qualitaty of sunflower hybrids. Plant Breeding and Seed Production. 2021. Vol. 119. P. 161–169. DOI: 10.30835/2413- 7510.2021.237160.

65. 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.