

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ

Агрономічний факультет

Спеціальність 201 «Агрономія»

Освітньо-професійна програма «Агрономія»

«Допускається до захисту»

Завідувач кафедри рослинництва

д. с.-г. н., професор

_____ Олександр ЦИЛЮРИК

«_____» _____ 2025 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня «Магістр» на тему:

**«УДОСКОНАЛЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ СОЇ
В УМОВАХ ТОВАРИСТВА З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ
«АГРОПОЛЮС-ДНІПРО» ДНІПРОВСЬКОГО РАЙОНУ
ДНІПРОПЕТРОВСЬКОЇ ОБЛАСТІ»**

Здобувач _____ Ростислав КАТРЕНКО

Керівник кваліфікаційної роботи

к.с.-г.н., доцент _____ Владислав ГОРЦАР

Дніпро 2025

Дніпровський державний аграрно-економічний університет
Агрономічний факультет
Кафедра рослинництва
Спеціальність 201 «Агрономія»
Освітньо-професійна програма «Агрономія»

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Завідувач кафедри рослинництва
д. с.-г. н., професор
_____ Олександр ЦИЛЮРИК
« _____ » _____ 2025 р.

ЗАВДАННЯ

на виконання кваліфікаційної роботи здобувачу
другого (магістерського) рівня вищої освіти

Катренку Ростиславу Олеговичу

- 1. Тема роботи:** «Удосконалення елементів технології вирощування сої в умовах товариства з обмеженою відповідальністю «Агрополіус-Дніпро» Дніпровського району Дніпропетровської області»
- 2. Термін подачі завершеної роботи на кафедру** «12» грудня 2025 р.
- 3. Вихідні дані для роботи:**
 - с.-г. підприємство Товариство з обмеженою відповідальністю «Агрополіус-Дніпро» Дніпровського району Дніпропетровської області
 - сільськогосподарська культура – соя
- 4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що їх належить розробити)**
 - врожайність сортів сої Ментор, Галіція залежно від фоліарного підживлення мікродобривами
 - фенологічні показники впродовж вегетації
 - аналіз показників структури урожаю сої
 - якість насіння сої за варіантами досліду

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

- таблиці, що демонструють характеристики ґрунту із ключовими показниками його родючості та структуру посівних площ ТОВ «Агрополіус-Дніпро»;
- таблиці з результатами проведених досліджень;
- аналіз даних про стан охорони праці і виробничий травматизм у господарстві;
- таблиця, що відображає економічну ефективність вирощування сої за результатами дослідження.

6. Дата видачі завдання: 29.04.2025

Керівник кваліфікаційної роботи _____ доц. Владислав ГОРЦАР

Завдання прийняв
до виконання

_____ Ростислав КАТРЕНКО

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів дипломної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Літературний огляд	травень-червень	виконано
2	Характеристика умов проведення дослідів	червень	виконано
3	Експериментально-дослідна частина	липень-вересень	виконано
4	Економічна ефективність результатів	жовтень	виконано
5	Аналіз безпеки праці в господарстві	листопад	виконано
6	Оформлення роботи, висновки і рекомендації виробництву	листопад-грудень	виконано

Здобувач _____ Ростислав КАТРЕНКО

Керівник кваліфікаційної роботи _____ Владислав ГОРЦАР

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ	4
ВСТУП	5
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ	7
РОЗДІЛ 2. ОБ’ЄКТ, ПРЕДМЕТ ТА УМОВИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ	27
2.1. Об’єкт та предмет досліджень	27
2.2 Умови проведення досліджень	28
2.3. Оцінка господарської та економічної ефективності системи землеробства господарства	33
РОЗДІЛ 3. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ	36
РОЗДІЛ 4. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ АНАЛІЗ	39
РОЗДІЛ 5. ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ	62
РОЗДІЛ 6. ОХОРОНА ПРАЦІ	64
6.1. Дослідження стану безпеки праці в ТОВ «Агрополюс-Дніпро»	64
6.2. Аналіз виробничого травматизму та захворювань, причини їх виникнення	64
6.3 Загальні вимоги до безпечних умов праці	66
6.4 Заходи з покращення безпеки праці в господарстві	67
ВИСНОВКИ І РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ	69
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	71

РЕФЕРАТ

Дипломна робота на тему: «Удосконалення елементів технології вирощування сої в умовах товариства з обмеженою відповідальністю «Агрополіус-Дніпро» Дніпровського району Дніпропетровської області».

Кваліфікаційна робота обсягом 74 сторінки складається з шести розділів і має логічну структуру. Перший розділ узагальнює дані про роль мікроелементів у живленні сої та значення фоліарних підживлень. У другому подано природно-кліматичні умови північного Степу та характеристику ґрунтів і виробничої бази досліджень. Третій розділ містить методику експерименту: сорти Ментор і Галіція, схему факторів, застосовані препарати та строки внесення. Четвертий описує вплив підживлень на ріст, фотосинтетичну активність, розвиток бульбочок і врожайність. П'ятий подає економічну оцінку технологічних прийомів, шостий — питання охорони праці. Роботу доповнюють висновки, практичні рекомендації, 14 таблиць і список із 35 джерел.

Дослідження було спрямоване на оцінку ефективності фоліарних підживлень сої препаратами Амоній молібдат, Квантум Бор Актив, Квантум Молібден + Кобальт та Росаферт 18-18-18 + мікро, внесених у різні фази розвитку. На сортах Ментор і Галіція встановлено, що своєчасні підживлення забезпечують відчутні прирости врожайності. Найвищі прибавки урожаю отримано за використання Квантум Бор Актив (до 0,30 т/га у Ментор і до 0,40 т/га у Галіція) та Росаферт 18-18-18 + мікро (0,27–0,33 т/га). Молібденові форми також діяли стабільно, особливо у ранній фазі внесення. Загалом фоліарне мікроелементне живлення підтвердило свою ефективність для підвищення продуктивності та покращення структури врожаю сої.

Ключові слова: соя, сорти Ментор і Галіція, фоліарні підживлення, мікродобрива, фотосинтетична активність, якість насіння, врожайність, економічна ефективність.

ВСТУП

На початок 2023 року чисельність населення світу перевищила 8 млрд осіб. Це не просто статистичний рекорд, а сигнал, що система харчування людства змушена швидко змінюватися. У суспільстві дедалі помітнішим стає запит на їжу, яка одночасно підтримує здоров'я людини й менше виснажує довкілля. Одним із наслідків цього є зростання інтересу до альтернативних джерел білка, насамперед рослинного походження. Йдеться вже не стільки про “моду на здорове харчування”, скільки про усвідомлення того, що аграрний сектор прямо впливає на екологічну стійкість продовольчих систем.

У групі рослинних білків провідну роль традиційно відіграють бобові культури. Вони забезпечують понад 70 % світового виробництва рослинних протеїнів, а їхньою принциповою перевагою є здатність до біологічної фіксації атмосферного азоту. Завдяки цьому можна зменшувати норми мінеральних азотних добрив, відповідно — і витрати на їх внесення, і екологічний тиск на агроєкосистеми. Саме ця властивість бобових робить їх однією з найбільш екологічно доцільних груп польових культур.

На цьому фоні роль сої (*Glycine max*) у світовому рослинництві постійно зростає. Насіння сої містить у середньому 37–45 % повноцінного білка, 18–25 % жиру та понад 30 % вуглеводів.

У степовій зоні України, до якої належить і Дніпропетровська область, природні умови загалом придатні для вирощування сої, але масштаби її виробництва поки що поступаються традиційно “соєвим” регіонам країни. За офіційними звітними даними, у 2024 році в Дніпропетровській області під соєю та іншими зернобобовими обліковували близько 2 тис. га, що є значно меншим показником порівняно із загальноукраїнським рівнем. Водночас саме в умовах Степу технологічні удосконалення можуть давати найпомітніший ефект, оскільки культура

чутливо реагує і на рівень мінерального живлення, і на оптимізацію окремих агрономічних прийомів [1, 2].

Висока врожайність сої неможлива без збалансованого забезпечення живленням. Для формування 1 т насіння культура в середньому потребує 60–90 кг азоту, 20–25 кг фосфору та 30–40 кг калію. Проте лише макроелементами проблему не вичерпати. Соя за виносом мікроелементів істотно перевищує зернові злаки: у її насінні міститься у 7–17 разів більше молібдену, у 5–8 разів більше бору та в кілька разів більше кобальту, ніж у зерні пшениці чи ячменю. Такий інтенсивний винос вимагає систематичного поповнення запасів мікроелементів, у тому числі через застосування спеціалізованих мікродобрив [4].

Одним із найдієвіших інструментів корекції мінерального живлення нині вважають позакореневі (фоліарні) підживлення. Вони дають змогу швидко “підхопити” рослину в критичні фази росту, доставити елементи живлення безпосередньо до асиміляційної поверхні та частково обійти обмеження, пов’язані з фіксацією елементів у ґрунті або низькою їх рухомістю. Особливий інтерес викликають сучасні комплексні рідкі добрива, які поєднують макро- і мікроелементи з біоактивними компонентами, що підсилюють стресостійкість і здатність рослин формувати урожай за нестабільних умов. Водночас питання ефективності таких препаратів конкретно на сої, особливо в умовах Степу та окремих господарств, досліджене ще не повною мірою [12].

Саме тому актуальним є вивчення впливу комплексних фоліарних добрив на ріст, розвиток, урожайність та якість насіння сої в реальних виробничих умовах конкретного господарства степової зони. Отримані результати можуть слугувати основою для вдосконалення елементів технології вирощування цієї культури в регіоні та підвищення ефективності використання мінерального живлення в цілому.

РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

Впродовж 2010–2024 років світове виробництво сої зростало відносно рівномірно, і цей тренд формувався одразу двома шляхами — розширенням посівних площ та поступовим підвищенням урожайності. За цей період світовий посівний фонд збільшився більш ніж на чверть і нині охоплює близько 130–135 млн га. Основні центри виробництва залишаються незмінними: Бразилія, США та Аргентина разом акумулюють понад 70 % світових площ, тоді як Індія та Китай формують ще приблизно 15–17 %. Така концентрація виробництва пояснюється як кліматичними можливостями цих країн, так і високим рівнем технологізації.

На цьому тлі позиції України за останнє десятиліття помітно посилилися. Якщо на початку 2010-х площі під соєю становили близько одного мільйона гектарів, то у 2022–2024 роках вони стабільно перевищували 1,5–1,8 млн га. Валові збори в ці роки коливалися на рівні 3,5–3,8 млн тонн, що дозволяє Україні входити до десятки найбільших світових виробників культури. Хоча частка країни у глобальній структурі посівів поки що невисока — близько 1–1,5 % — її роль поступово зростає завдяки стабільному попиту з боку країн ЄС і активному використанню сої у внутрішньому кормовому балансі. Саме комбінація цих двох чинників сприяє розширенню площ і підсилює значення культури в структурі вітчизняного рослинництва [1].

За останні роки світове виробництво сої демонструє відчутне зростання. Якщо у сезоні 2021/2022 рр. обсяг становив близько 349 млн т, то вже в 2022/2023 рр. він майже досягнув 395 млн т. Лідерство традиційно утримує Бразилія: у сезоні 2021/2022 років країна отримала понад 125 млн т зерна, тоді як Сполучені Штати — із результатом приблизно 120,7 млн т — зберігали позицію другого найбільшого виробника. Вагому частку світового ринку формують також Аргентина, Індія та Китай, які разом забезпечують

стабільні обсяги виробництва і суттєво впливають на глобальну кон'юнктуру.

На цьому фоні Україна у ті ж роки послідовно входила до десятки провідних світових виробників. Щорічний валовий збір на рівні 3,5–3,8 млн т забезпечував країні 1–1,5 % частки глобального виробництва. Хоча цей показник значно поступається лідерам, його динаміка виразно позитивна: у порівнянні з початком 2010-х років частка України зростає майже вдвічі. Це свідчить не лише про розширення площ, а й про поступову зміну ролі сої у структурі вітчизняного рослинництва. Внутрішній попит формує насамперед кормове виробництво, що стимулює господарства збільшувати посіви, удосконалювати технологічні елементи та адаптувати систему живлення до особливостей культури [2, 3].

Світовий ринок сої загалом демонструє стабільну й досить швидку динаміку зростання: протягом останнього десятиліття приріст посівних площ і врожайності у провідних країнах значно випереджав середньосвітові показники. Це зростання було не випадковим — у низці регіонів, насамперед у Південній Америці та частині азійських країн, істотні інвестиції спрямовувалися на удосконалення технологій вирощування, оновлення сортового складу та розвиток логістичної інфраструктури. У результаті саме ці регіони змогли суттєво збільшити не тільки виробництво, а й свою частку у міжнародній торгівлі соєю.

На цьому фоні в Україні протягом останнього десятиліття спостерігається помітне географічне зміщення зон вирощування. Якщо на початку 2010-х основними регіонами залишалися західні та північні області, то згодом виробничий центр дедалі активніше переміщувався до Лісостепу й навіть до Степової зони. Найбільш динамічне розширення площ відбулося у центральних областях: у 2024 році Полтавська область займала близько 163,9 тис. га, Хмельницька — 152,4 тис. га, Тернопільська — 112 тис. га під соєю. Натомість Дніпропетровська область залишалася серед регіонів з

мінімальними площами (менше ніж 3 тис. га), що свідчить про ще не реалізований, але наявний потенціал Степової зони [1-3].

У підсумку виробництво сої в Україні стало значно більш «розтягнутим» у географічному сенсі. Традиційні регіони зберегли свої позиції, однак саме центральний регіон демонструє найвищі темпи зростання і стабільність урожайності. Тут впровадження сучасних технологічних рішень, корекція живлення та адаптація сортів до локальних умов дозволяють глибше реалізувати потенціал культури й забезпечують найбільш передбачуваний результат.

Разом із тим урожайність сої в Україні значною мірою залежить від погодних умов конкретного року. Через нерівномірний розподіл атмосферних опадів та різкі міжрічні коливання вологості спостерігається помітна варіабельність продуктивності, яка може відрізнятись вдвічі й більше між окремими сезонними циклами. Саме нестача вологи в критичні фази онтогенезу — на початку цвітіння та під час формування бобів — часто стає основним обмежувальним фактором для розширення виробництва сої в умовах богарного землеробства. Це особливо характерно для Степової зони, де високий температурний фон і дефіцит опадів роблять урожай більш залежним від технологічних рішень, зокрема від системи удобрення, вибору сорту та можливості використання елементів зрошення [4].

Світовий досвід свідчить, що розширення площ під соєю у багатьох країнах відбувалося переважно під впливом сприятливої ринкової кон'юнктури. Високі ціни на зерно та продукти переробки стимулювали залучення нових територій до вирощування культури. Навіть у регіонах, де соя раніше не була традиційною, поява скоростиглих сортів і впровадження сучасних технологій дали змогу отримувати врожай у межах локальних агрокліматичних можливостей. На глобальному фоні середньосвітова врожайність сої становить близько 2,8 т/га, тоді як у багатьох країнах Європи та Азії вона утримується на рівні 1,4–1,6 т/га. Така різниця пояснюється не

лише технологією, а й великою строкатістю ґрунтово-кліматичних умов і нестабільністю вологозабезпечення, які часто є вирішальними для цієї культури.

В Україні продуктивність сої формує значно ширший діапазон, ніж у більшості європейських країн. У 2023 році середня врожайність становила близько 2,6 т/га, тоді як у 2024-му вона знизилася до орієнтовно 2,3 т/га. Водночас у ряді областей — насамперед Полтавській, Хмельницькій і Тернопільській — культура демонструвала істотно вищі показники, подекуди досягаючи 3,0–3,2 т/га. За свідченнями агрохолдингів і великих господарств, у роки з достатнім вологозабезпеченням потенціал сучасних сортів дозволяє отримувати 3,5–3,7 т/га, тоді як у посушливих регіонах або за спрощеної технології врожайність нерідко знижується до 1,5–2,0 т/га. На зрошенні можливості культури розкриваються найбільш повно: у південних областях врожайність може сягати 4–5 т/га, що переконливо демонструє чутливість сої до стабільного водного режиму.

Тому просте збільшення посівних площ, хоча й сприяє нарощуванню валового виробництва, не вирішує ключової проблеми — забезпечення стабільності врожайності. У Степовій та Лісостеповій зонах визначальним стає не лише вибір сорту, а й оптимізація системи живлення, своєчасне застосування мікроелементів і можливість використання елементів зрошення. Саме ці фактори дають змогу повніше реалізувати потенціал культури та згладити вплив погодних коливань, характерних для останніх років.

Урожайність будь-якої сільськогосподарської культури формується під дією цілого комплексу чинників, серед яких провідне місце належить фізіологічним процесам рослини, агрохімічному стану ґрунту та умовам зовнішнього середовища [5]. Основою нормального росту є збалансоване кореневе живлення, що забезпечує надходження мінеральних елементів, у поєднанні з повітряним живленням, пов'язаним із засвоєнням рослиною вуглекислого газу. Для підвищення стійкості до абіотичних стресів і

запобігання фізіологічним порушенням особливе значення має своєчасне забезпечення рослин необхідними макро- та мікроелементами. Саме вони беруть участь у ключових біохімічних реакціях, підтримують обмін речовин і забезпечують стабільне функціонування всіх життєвих систем рослинного організму.

Азот належить до фундаментальних елементів живлення рослин, оскільки входить до складу білків, нуклеїнових кислот та широкого спектра органічних сполук, що визначають передачу спадкової інформації й регулюють перебіг обмінних процесів. Він також є складовою хлорофілу, який забезпечує поглинання та перетворення світлової енергії, і низки ферментів, що діють як каталізатори у ключових біохімічних реакціях. Азотовмісні сполуки беруть участь у формуванні клітинних структур, синтезі фосфоліпідів, вітамінів та вторинних метаболітів, необхідних для стабільного функціонування рослинного організму [6].

Концентрація азоту залежить від виду рослини, фази її розвитку та умов вирощування. Найбільше цього елемента накопичують молоді органи, де активно формується білок і відбувається інтенсивний поділ клітин. За достатнього забезпечення азотом рослина підтримує високу фотосинтетичну активність, формує потужну вегетативну масу та здатна реалізувати свій генетичний потенціал урожайності. Коли ж елемент надходить у недостатній кількості, спостерігається пригнічення росту, світлішання листків, зменшення площі асиміляційної поверхні, падіння вмісту білка в насінні та загальне зниження продуктивності.

Фосфор посідає ключове місце в енергетичному забезпеченні рослин, оскільки входить до складу нуклеїнових кислот, фосфоліпідів, нуклеотидів та інших сполук, що беруть участь у перенесенні енергії та регуляції клітинного метаболізму. Саме фосфорні з'єднання керують роботою енергетичних систем клітини, впливають на проникність мембран і забезпечують синтез речовин, потрібних для росту та формування нових тканин. Важливою є і

його взаємодія з азотом: за достатнього фосфорного живлення засвоєння азоту відбувається інтенсивніше, оскільки обидва елементи задіяні у синтезі нуклеопротейдів. Тому оптимізацію фосфорного живлення завжди розглядають у тісному зв'язку з азотним [7].

Надходження фосфору до рослини залежить від його запасів у ґрунті, рухомості та здатності переходити у доступні форми. Культура засвоює його здебільшого у вигляді аніонів ортофосфорної кислоти, хоча певну частку можуть становити й органічні сполуки. За дефіциту фосфору порушуються енергетичні й біосинтетичні процеси, сповільнюється ріст, затримується формування генеративних органів і подовжується період досягання. У підсумку рослина не реалізує свій продуктивний потенціал, а насіння формується менш виповненим і з нижчим вмістом білка та олії.

Калій відіграє одну з ключових ролей у підтриманні фізіологічної рівноваги рослин, адже відповідає за в'язкість цитоплазми, гідратацію колоїдів і здатність клітин утримувати воду. Завдяки високій рухомості цей елемент створює різницю електричних потенціалів на клітинних мембранах, що забезпечує появу біотоків і впливає на роботу провідної системи. Калій активно залучений до процесів осморегуляції, бере участь у механізмах відкривання та закривання продихів, визначаючи інтенсивність газообміну й транспірації. Важливу роль він відіграє і в перерозподілі вуглеводів між органами: зміни у калійному балансі безпосередньо впливають на те, як рослина спрямовує пластичні речовини на ріст і формування врожаю [8].

Найвищі концентрації калію характерні для молодих, інтенсивно ростучих тканин, де обмінні процеси відбуваються найактивніше. У міру дозрівання культури вміст калію природно зменшується, і за його нестачі порушуються водний режим, поділ і розтягнення клітин, формування провідних тканин. У підсумку різко знижується продуктивність фотосинтезу, оскільки сповільнюється відтік асимілянтів із листків і погіршується їх використання на ріст і налив насіння.

Надмірна орієнтація лише на макродобрива без урахування мікроелементів неминує спричиняє дисбаланс живлення, і це особливо відчутно у культур із високим винесенням мікроелементів — насамперед у сої. За вмістом молібдену, бору та кобальту вона суттєво перевищує зернові злакові: у насінні сої молібдену у 7–17 разів більше, бору — у 5–8 разів, а кобальту — у 3–4 рази більше, ніж у зерні пшениці чи ячменю. Такий інтенсивний винос з урожаєм означає постійну потребу в поповненні запасів цих елементів, адже навіть родючі ґрунти не завжди здатні забезпечити необхідний рівень їх доступності [9, 10].

Дослідження родючості ґрунтів у різних регіонах України свідчать, що дефіцит мікроелементів поступово поглиблюється. У більшості орних ґрунтів рівень забезпеченості бором, молібденом і кобальтом низький або нестабільний, а традиційні системи удобрення поповнюють лише незначну частку їхнього фактичного винесення. У результаті зменшується вміст цих елементів у рослинних тканинах, погіршується якість насіння, знижується його білковість, енергія росту та загальний рівень продуктивності культури.

Багаторічні дослідження, проведені у різних країнах, переконливо показують: мікроелементи є невід’ємною складовою формування продуктивності культур, оскільки залучені до ключових ферментативних реакцій і підтримують загальний баланс живлення. Їхня роль не обмежується лише власними фізіологічними функціями — у багатьох випадках вони підвищують доступність макроелементів і покращують їх засвоєння з ґрунту, посилюючи ефективність усієї системи живлення рослин [11].

Біодоступність мікроелементів визначається поєднанням ґрунтових характеристик — реакцією середовища, ступенем насиченості основами, гранулометричним складом, наявністю дрібнодисперсних фракцій з оксидами заліза й марганцю, активністю біологічного кругообігу та особливостями агротехніки й сівозміни. Сукупність цих чинників формує не лише загальний запас мікроелементів у ґрунті, а й те, у якій формі вони

перебувають і як швидко можуть переходити в доступний для рослин стан. Міжнародні дослідження показують, що соя нерівномірно реагує на різні мікроелементи: найвищий ефект забезпечує молібден, далі — цинк, мідь, марганець, бор і залізо [12]. Така різниця логічна, адже кожен елемент виконує свою, незамінну біохімічну функцію — від участі в азотфіксації до регуляції ферментативних систем, синтезу білків та роботи антиоксидантного захисту.

Результати агроекологічних досліджень на чорноземах центральних областей показали чітку закономірність у накопиченні мікроелементів у насінні сої. Найвищі концентрації формуються за таким типовим убутним рядом: цинк > мідь > нікель > молібден > марганець > кобальт. Натомість важкі метали й токсичні елементи трапляються лише у слідових кількостях. Така картина підтверджує, що соя вибірково акумулює насамперед ті мікроелементи, які безпосередньо задіяні в її фізіологічних процесах і визначають формування високого рівня білка [13].

Молібден є одним із ключових мікроелементів для бобових культур, оскільки входить до складу ферментів, що забезпечують біологічну фіксацію атмосферного азоту. Його наявність активує дегідрогенази, які постачають відновлений водень для азотфіксації, а також впливає на синтез амінокислот і формування білкового комплексу. Важливо й те, що молібден функціонує не ізольовано: у поєднанні з міддю він стимулює білковий синтез у бульбочках, а за достатньої забезпеченості бором зростає активність окисних ферментів, що регулюють основні метаболічні реакції.

За нормального рівня молібдену підвищується вміст хлорофілу та інтенсивність фотосинтезу, що позначається на темпах росту й формуванні врожаю. Його нестача, навпаки, призводить до накопичення нітратів та зменшення кількості амінокислот, сигналізуючи про порушення азотного обміну. Для бобових критичним вважається забезпечення нижче 0,4 мг/кг

сухої маси, тоді як перші симптоми дефіциту з'являються вже за концентрації менш ніж 0,1 мг/кг [14].

Ефективність молібденових добрив значною мірою визначається способом внесення та наявністю рухомих форм елемента у ґрунті. Його концентрація в різних типах ґрунтів може відрізнятися у кілька разів: доступні форми зазвичай становлять 0,1–0,3 мг/кг, тоді як валовий уміст коливається в межах 0,2–8 мг/кг. Легкі за гранулометричним складом, малогумусні ґрунти містять мінімальні кількості молібдену, тоді як структурні та органічно насичені ґрунти характеризуються більшою буферною здатністю і, відповідно, вищою забезпеченістю цим елементом.

Важливу роль відіграє й реакція ґрунтового розчину: зі зростанням рН підвищується рухомість молібдену, що полегшує його засвоєння. Саме тому на нейтральних і слаболужних ґрунтах бобові культури розвиваються активніше, а позакореневі обробки або застосування молібдену в складі інокулянтів дають виразніший результат [15].

Мідь у рослинах зосереджена переважно в хлоропластах і бере безпосередню участь у фотосинтетичних процесах, насамперед у роботі ферментів, відповідальних за перенесення електронів. Вона входить до складу низки окисно-відновних ферментів, і ця функція є фактично незамінною — жоден інший елемент не здатний повністю виконувати її роль у відповідних реакціях клітинного метаболізму. Дослідження також підкреслюють важливість міді для стабільності фотосистем: за її дефіциту зменшується вміст пластоціаніну, порушується перенесення електронів і помітно знижується ефективність фотосинтезу.

Чутливість культур до нестачі міді є різною, і соя належить до групи з помірною відзивчивістю на її забезпечення. Це пов'язано з тим, що мідь бере участь не лише у фотохімічних реакціях, а й у синтезі білків, формуванні клітинних стінок та функціонуванні антиоксидантної системи. У середньому вміст міді в соєвих бобах становить 11–12 мг/кг, що суттєво більше, ніж у

зерні озимої пшениці, де її концентрація майже утричі нижча. Така різниця відображає більш високе метаболічне навантаження на бобові культури, які потребують інтенсивнішої роботи ферментних систем [16].

Марганець у рослинах трапляється в дуже широкому діапазоні концентрацій — від кількох десятків до понад тисячі міліграмів на кілограм сухої маси, і його кількість визначається передусім забезпеченістю ґрунту рухомими формами, реакцією ґрунтового середовища та погодними умовами впродовж вегетації. Підвищена вологість повітря й прохолодна погода часто посилюють прояви марганцевої недостатності, тоді як за доброго прогрівання ґрунту та достатньої аерації ризики дефіциту зменшуються. У більшості культур ознаки уповільнення росту та ослаблення фізіологічної активності з'являються тоді, коли вміст доступного марганцю в ґрунті знижується до 10–25 мг/кг. Оптимальні ж концентрації сильно різняться між видами, що пов'язано з відмінностями їх метаболізму та роботою антиоксидантних ферментів, активність яких залежить від забезпеченості марганцем.

Для злакових культур характерний вищий рівень його накопичення — зазвичай понад 60–70 мг/кг у зерні. У бобових, зокрема в сої, високі концентрації марганцю акумулюються переважно в листках, і вміст понад 300 мг/кг вважається небажаним, оскільки може свідчити про надмірне накопичення [17]. Рівень близько 500 мг/кг сухої маси є токсичним для більшості рослин і призводить до порушення цілісності клітинних мембран, збоїв у диханні та зниження ефективності фотосинтезу.

Бор належить до мікроелементів із відносно високою потребою для більшості культур, оскільки бере участь у регуляції ростових процесів і підтриманні стабільності метаболічних реакцій. Разом із цинком він залучений до синтезу ауксину — ключового фітогормону, який визначає напрямок росту пагонів і коренів та впливає на формування генеративних органів [18]. Важливою є й його взаємодія з азотом: достатнє борне живлення

стримує надмірне накопичення нітратів і допомагає рослині підтримувати баланс між вегетативним ростом і розвитком репродуктивних структур.

Однією з провідних функцій бора є його участь у формуванні клітинних стінок. Елемент утворює міцні зв'язки з пектинами, забезпечуючи еластичність тканин і їх стійкість до механічних пошкоджень. За дефіциту бора порушується цілісність клітин, зменшується інтенсивність фотосинтезу, сповільнюється ріст і ускладнюється формування квіток, зав'язі та бобів. Саме тому бор вважають одним із ключових елементів, що визначають успішність запліднення та утримання зав'язі [19].

Оптимальний вміст рухомих форм бора в ґрунті для більшості культур становить 1–3 мг/кг. Накопичення елемента суттєво відрізняється між культурами: у зернових його вміст зазвичай не перевищує 1–15 мг/кг, тоді як бобові накопичують значно більше. У сні конюшини чи вики концентрація бора сягає 20–25 мг/кг, а в листках люпину — 40–50 мг/кг. Така відмінність пояснюється активними ростовими процесами та високим метаболічним навантаженням бобових культур.

Кобальт відіграє помітну роль у життєдіяльності бобових культур, оскільки активізує розвиток рослинних тканин, посилює діяльність бульбочкових бактерій і підтримує стабільну роботу ферментів, задіяних у азотному та вуглеводному обміні. Завдяки кобальту підвищується стійкість хлорофілу до руйнування, що дозволяє рослині зберігати фотосинтетичну активність навіть за дії стресових чинників. Для сої цей елемент має особливе значення, адже безпосередньо впливає на ефективність біологічної фіксації азоту та інтенсивність роботи бульбочкової системи.

Вміст кобальту в ґрунті визначається насамперед мінералогічними властивостями материнської породи, часткою дрібнодисперсних частинок та кількістю органічної речовини. Іл і гумусові комплекси здатні міцно зв'язувати кобальт, обмежуючи його рухомість, тоді як органічні форми елемента більш мобільні та легше переходять у ґрунтовий розчин. На

карбонатних і добре гумусованих ґрунтах доступність кобальту зазвичай знижується, оскільки він переходить у малорухомі сполуки, що погіршує його надходження до кореневої системи.

У середньому концентрація кобальту в чорноземах становить 0,4–4,0 мг/кг, а в рослинних тканинах — 0,01–0,6 мг/кг сухої маси. Бобові накопичують його більше, ніж зернові, що пояснюється потребами азотфіксувального апарату та високим навантаженням на ферментативні системи. За достатньої забезпеченості макроелементами та рН ґрунту, близьким до нейтрального, застосування кобальтовмісних добрив сприяє підвищенню продуктивності бобових культур. Нестача цього мікроелемента, навпаки, уповільнює діяльність низки ферментів, послаблює біологічну фіксацію азоту й одразу позначається на темпах росту, розвитку та формуванні врожаю.

До недавнього часу позакореневе живлення вважали допоміжним елементом технології, однак сучасні дослідження й виробнича практика переконливо показують: фоліарні підживлення поступово стають невід'ємною складовою інтенсивного землеробства [20]. Такий спосіб внесення дає змогу оперативно реагувати на поточні потреби рослин, уникати фіксації елементів у ґрунті та компенсувати обмеження, пов'язані з погодними умовами й властивостями ґрунту. На відміну від кореневого живлення, фоліарне внесення забезпечує швидке надходження поживних речовин до метаболічно активних органів і дозволяє коригувати стан живлення у критичні фази вегетації.

Для сої, вирощуваної в умовах богари, значення позакорневих підживлень особливо велике [21]. У роки з весняно-літніми посухами або нестачею вологи в ґрунті активність кореневої системи різко знижується, а бульбочки на коренях формуються слабше або частково руйнуються. Це порушує засвоєння азоту та інших елементів і неминуче знижує потенціал урожаю. Оскільки соя гостро реагує на дефіцит вологи, фоліарне живлення в

таких умовах стає одним із найефективніших способів підтримати її фізіологічну активність і стабілізувати забезпечення елементами живлення [22].

Міжнародні і вітчизняні польові дослідження показують, що фоліарні підживлення азотом і комплексними добривами у фазах цвітіння та формування бобів здатні підвищувати врожайність сої в середньому на 5–10 %. Найвідчутніший ефект спостерігається на ґрунтах із низьким умістом доступного азоту або за умов, що обмежують розвиток бульбочкових бактерій. Позакореневе внесення карбаміду чи карбамідно-аміачних розчинів у пізні фази розвитку діє м'якше, ніж ґрунтове внесення азотних добрив, і не пригнічує симбіотичну фіксацію азоту. Досліди українських аграрних університетів та європейських дослідницьких центрів підтверджують, що застосування комплексних мікродобрив у період цвітіння та наливу бобів підсилює формування продуктивних бобів, покращує їх виповненість і забезпечує стабільний приріст урожайності [23, 24].

Ефективність фоліарних добрив значною мірою визначається їхнім хімічним складом. Найвищі результати демонструють препарати, у яких азот, фосфор і калій поєднані з комплексом мікроелементів — бором, молібденом, цинком, міддю, залізом і марганцем. Такі збалансовані формули підсилюють фотосинтетичну активність, покращують транспорт асимілянтів і компенсують нестачу мікроелементів, особливо важливих для бобових культур.

На думку багатьох дослідників, до формування бульбочок бобові потребують невеликої стартової дози мінерального азоту. Орієнтовно 15–30 кг/га доступного азоту до сівби забезпечують рослині рівний початковий розвиток у період, коли симбіотична фіксація ще не активована, а коренева система лише формує свою поглинальну здатність [25].

Для ефективної інокуляції вирішальне значення має достатня забезпеченість ґрунту фосфором. Саме фосфор бере участь у процесі

інфікування коренів ризобіями, визначає формування та функціонування бульбочок і водночас підтримує інтенсивні ростові процеси рослини. За його нестачі, навіть за коректної інокуляції, ефективність симбіозу різко знижується. Низка досліджень підтверджує, що внесення молібдену за дефіциту фосфору може не лише не стимулювати вузликоутворення, а й зменшувати кількість бульбочок [26].

Калій і комплексні фосфорно-калійні добрива також відіграють вагомую роль у формуванні азотфіксувального апарату. За їх достатнього надходження збільшується як тривалість, так і інтенсивність акумуляції біологічного азоту рослиною, що безпосередньо відображається на продуктивності посівів.

Результати низки експериментів свідчать, що коефіцієнт біологічної фіксації азоту у сої суттєво залежить від забезпеченості елементами живлення та інокуляції. За відсутності інокуляції він є найнижчим (приблизно 0,39); внесення фосфорних добрив у поєднанні з бактеріальними препаратами підвищує показник до рівня близько 0,51. Додаткове забезпечення культури мікроелементами дозволяє збільшити коефіцієнт до 0,54–0,61.

Такі результати добре узгоджуються з практикою вирощування сої у степовій зоні: саме збалансоване живлення на ранніх етапах визначає силу стартового росту, ефективність симбіозу та здатність рослин протистояти абіотичним стресам [27].

Попри те, що ґрунти багатьох регіонів формально характеризуються задовільною забезпеченістю мікроелементами, зернобобові культури вирізняються значним їх винесенням, особливо за підвищеної врожайності. Із зростанням продуктивності відповідно збільшується і потреба рослин у всіх елементах мінерального живлення, що робить застосування мікродобрив важливим навіть у зонах із достатнім природним забезпеченням. Саме тому останніми роками у численних дослідженнях більше уваги приділяють оцінці

різних способів внесення мікроелементів та їх впливу на формування врожаю бобових культур [28].

Вітчизняні та зарубіжні дослідження переконливо свідчать, що фоліарні підживлення сої мікродобривами у фазі початку цвітіння помітно впливають як на врожайність, так і на вміст протеїну в насінні. Дослідження, проведені в українських наукових установах — Національному науковому центрі «Інститут землеробства НААН», Інституті сільського господарства степової зони НААН та на дослідних станціях — підтверджують високу ефективність комплексів на основі хелатних форм Zn, Cu, Mn та Co у поєднанні з борними та молібденовими добривами.

За результатами дослідів на поширених у степовій зоні сортах (Аннушка, КиВін, Діана, Катрін) найвищі прибавки врожайності — у межах 10–14 % — отримували при застосуванні препаратів Аквамікс, Брексіл Мікс, Келик Мікс, а також комбінацій борної кислоти з молібденовокислим амонієм. Паралельно підвищувався вміст сирого протеїну: з 38,1–40,4 % у контролі до 41,8–43,1 %.

Серед окремих мікроелементів найбільш виразний вплив на білковість насіння продемонстрували молібденові добрива [29]. Використання гептамолібдату амонію, Келик Мо (10 %) або українських препаратів-аналогів забезпечувало приріст вмісту білка на 1,3–1,5 %.

У дослідях, виконаних на типових і звичайних чорноземах степової зони, борвмісні добрива (Solubor DF, Росалік Бор, YaraVita Bortrac) сприяли зростанню кількості бобів на рослині на 6–9 %. Водночас їхній вплив на валовий урожай був помірним: у більшості років приріст становив лише 0,05–0,12 т/га.

На цьому фоні коректори дефіциту молібдену — Келик Мо, Аквамікс, Келик Мікс — демонстрували стабільніші та виразніші результати. Прибавка врожайності у варіантах із молібденом коливалась у межах 0,19–0,24 т/га, а додатковий збір протеїну сягав 40–50 кг/га. У ряді дослідів найвищу

ефективність забезпечував молібденовокислий амоній: урожайність підвищувалась до 2,62–2,68 т/га, що перевищувало контрольні значення на 0,21–0,24 т/га [30].

Максимальний збір протеїну — до 0,96–0,98 т/га — отримували тоді, коли молібденові підживлення поєднували з комплексними мікродобривами, що містили хелатні форми Fe, Mn, Zn, Cu та легкодоступні форми B і Mo.

Дослідження на середньостиглому сорті сої Аметист показали, що одноразове фоліарне внесення комплексного водорозчинного добрива у фазу наливання насіння виявляється ефективнішим, ніж дворазове підживлення. Упродовж чотирьох років дослідів на чорноземах Степової зони одноразове внесення комплексів типу Plantafol, Rosasol, YaraVita Universal Bio забезпечувало стабільне підвищення врожайності — у середньому до 2,30–2,35 т/га, що перевищувало контроль на 0,07–0,10 т/га. Дворазове підживлення мало слабший вплив на урожайність, проте сприяло зростанню вмісту олії в насінні, що закономірно для підживлень у пізні фази розвитку.

У дослідях із використанням мікродобрив хелатного типу (Kelik Mix, Brexil Mix, YaraVita Terprosyn) встановлено, що результативність підживлень більше залежить від поєднання передпосівної обробки насіння та своєчасної фоліарної дії, ніж від кількості внесень. Найвищі показники збереженості рослин — 64–67 % — фіксували у варіантах, де насіння обробляли мікроелементним комплексом, а у фазі бутонізації застосовували хелатний препарат. Такі комбінації істотно посилювали накопичення сухої речовини: у фазі зелених бобів її маса досягала 500–515 г/м² проти 430 г/м² у контролі.

У дослідженнях, проведених українськими та європейськими лабораторіями в умовах Лісостепу й Північного Степу України, встановлено, що використання мікродобрив на основі міді, бору та молібдену проявляє комплексну стимулювальну й захисну дію [31, 32]. За застосування сумішей Cu–B–Mo врожайність досягала 2,75–2,85 т/га, а передпосівна обробка насіння цими препаратами додатково підвищувала польову схожість.

Дворазові обробки не забезпечували помітної переваги над одноразовими, що загалом відповідає практичному досвіду господарств.

На чорноземах Лісостепу підживлення сої молібденвмісними препаратами (YaraVita, Molytrac) забезпечувало приріст урожайності на 0,15–0,30 т/га (9–19 %). Внесення комплексних мікродобрив, що містять Fe, Zn, Mn та Cu (Aquamix, Brevil Mix), у фази цвітіння та формування бобів давало стабільну прибавку 0,20–0,23 т/га. Максимальний збір білка сягав 0,95–1,00 т/га, що перевищувало контроль на 0,10–0,12 т/га [33].

Окремі досліді, проведені на чорноземах Південного Степу, засвідчили, що сумісне застосування біопрепаратів (Хелафіт Комбі, Гумісол Плюс) із комплексними мінеральними мікродобривами істотно впливає на якісні показники врожаю. Вміст білка в насінні підвищувався до 39–40 %, а жиру — до 16,5–17 %, при цьому врожайність досягала 2,40–2,45 т/га, що на 40–50 % перевищувало контроль. Такий результат демонструє синергійну дію біологічних препаратів та мікроелементних комплексів, особливо в умовах дефіциту вологи, характерного для Південного Степу.

У дослідженнях, виконаних на ранньостиглих сортах сої в зонах Степу та Лісостепу України, реакція культури на мікроелементні фоліарні підживлення виявилася неоднозначною. У низці дослідів із застосуванням бору встановлено, що внесення його у стандартній дозі (приблизно 300 г/га у перерахунку на діючу речовину, характерній для препаратів Solubor DF, Brevil B, YaraVita Bortrac) інколи спричиняло зниження продуктивності — в середньому на 5 %. Натомість збільшення дози бору утричі давало протилежний ефект: приріст врожайності становив 45–50 г/м². Це свідчить про чітку дозову залежність та потребу точного підбору норми внесення з урахуванням реальної забезпеченості ґрунту бором, погодних умов і ступеня стресованості рослин [34].

Щодо молібдену, то як одинарні дози (приблизно 100 г/га у перерахунку на діючу речовину), так і підвищені норми (до 300 г/га) у формі

молібдатів (Kelik Mo, YaraVita Molytrac, Valagro Mo) сприяли зростанню насіннєвої продуктивності сої. Це закономірно, адже активність молібдензалежних ферментів визначає ефективність симбіотичної фіксації азоту — процесу, без якого бобові культури не здатні повністю реалізувати свій потенціал.

Окремі дослідження, виконані в умовах Лісостепу України, підкреслюють, що фоліарні підживлення залишаються одним із недовикористаних резервів підвищення врожайності сої. Застосування комплексних біо- та мінеральних препаратів на основі екстрактів морських водоростей у поєднанні з макро- та мікроелементами (Algaren Twin, Wuxal Aminoplant, Kelpak, Siapton, AlgaminoPlant) у фазах повних сходів та бутонізації забезпечувало істотне збільшення продуктивності ранньостиглих сортів. У варіантах, де використовували комплекси, збагачені мікроелементами, приріст урожайності становив близько 0,24 т/га (до 15 %). Одночасно підвищувалась кількість бобів на рослині на 12–15 %, озерненість — на 3–6 %, кількість насіння — на 13–15 %, а маса насіння з рослини зростала в середньому на 14–17 %.

Препарати з вмістом бору також мали позитивний ефект, хоча його інтенсивність була нижчою: приріст маси насіння з рослини становив до 12 %. Це підтверджує ключову роль бору у процесах запліднення та формування бобів, але водночас підкреслює, що результативність борвмісних підживлень значною мірою залежить від погодних умов, фізіологічного стану рослин та забезпеченості іншими мікроелементами [35].

У дослідженнях, проведених у ВНАУ, встановлено, що одноразове фоліарне внесення мікродобрив у фазу гілкування позитивно впливає на збереженість рослин і формування врожаю сої. Для підживлення використовували комплексні мікроелементні суміші, препарати YaraVita Molytrac (молібден), YaraVita Brassitrel Pro (Mg, S, B, Mn, Mo), а також

біостимулятори на основі екстрактів морських водоростей (Aminokat, Kelpak, Algaren Twin).

У середньому по досліді контроль забезпечував збереженість рослин на рівні 60–62 %. Застосування комплексного мікродобрива Brassitrel Pro підвищувало цей показник до 63,0–63,5 %. Підживлення препаратами на основі молибдену (YaraVita Molytrac) забезпечувало приріст збереженості на 1,8–1,9 % порівняно з контролем, що добре узгоджується з відомою роллю молибдену у формуванні активної симбіотичної системи на коренях сої.

Біостимулятори з екстрактів морських водоростей (Aminokat, Kelpak) у низці варіантів сприяли підвищенню стійкості рослин до стресових факторів і забезпечували кращий стартовий ріст, що було особливо помітно за ускладнених умов вегетації.

Урожайність також чітко реагувала на підживлення. У варіантах з використанням комплексу Brassitrel Pro приріст урожаю становив у середньому 23–27 % залежно від сорту. Біостимулятор Aminokat забезпечував прибавку до 25 % у варіантах з підвищеною початковою густиною посіву. Для сортів, чутливих до молибденового живлення, одноразове фоліарне внесення препарату, аналогічного Molytrac, забезпечувало стабільний приріст урожайності в межах 18–20 %.

Отримані дані підтверджують, що поєднання мікродобрив, які містять бор, марганець, магній і молибден, із біостимуляторами рослинного походження є дієвим прийомом підвищення продуктивності сої та покращення збереженості рослин у критичні фази розвитку [17,33]. У дослідженнях, проведених на дерново-підзолистих ґрунтах Полісся, встановлено, що внесення бору та молибдену у складі фоліарних підживлень сприяло істотному збільшенню кількості бобів і насіння на рослині — відповідно на 28–40 %, а маса насіння з рослини зростала на 17 %. Водночас зафіксовано, що застосування борвмісних добрив у певних дозах може знижувати масу 1000 насінин приблизно на 19 %, що пояснюється

конкуренцією між генеративними органами за фотоасиміляти у період їх активного формування.

У досліджах на звичайних середньосуглинкових чорноземах центральної частини України застосування комплексного водорозчинного добрива з рівним співвідношенням N:P:K та додаванням магнію й мікроелементів (TerraFlex, Rosasol 18-18-18, Plantafol 20-20-20) у фазу гілкування забезпечувало відчутний приріст урожайності ранньостиглих сортів сої. Паралельно зростали інтегральні показники фотосинтетичної діяльності, що свідчить про активізацію обміну речовин у посівах [24,32].

На чорноземах Лісостепу обробка рослин молібденовими препаратами (YaraVita Molytrac, Kelik Mo) істотно підсилювала симбіотичну азотфіксацію: кількість бульбочок збільшувалася на 40–65 %, їх маса — на 30–45 %, а сумарна кількість фіксованого атмосферного азоту — на 30–45 %. Порівняно з молібденом, препарати, що містять кобальт чи цинк, виявляли нижчу ефективність. Посилення азотфіксації безпосередньо відображалось на врожайності.

Поєднання фоліарних підживлень мікроелементами з основним внесенням NPK також продемонструвало високу результативність. На фоні одинарної дози NPK урожайність зростала на 0,34–0,47 т/га; на фоні подвійної дози — на 0,63–0,75 т/га. Найвищу ефективність стабільно забезпечували саме молібденвмісні підживлення, незалежно від рівня основного мінерального живлення [35].

Узагальнення літератури свідчить, що позитивний вплив на продуктивність забезпечують мікродобрива, які містять молібден — елемент, що відіграє ключову роль у забезпеченні ефективної симбіотичної азотфіксації. Водночас питання оптимальних строків некореневих підживлень залишається недостатньо систематизованим, що підкреслює потребу подальших досліджень, особливо за умов змінного вологозабезпечення Степу України.

РОЗДІЛ 2. ОБ'ЄКТ, ПРЕДМЕТ ТА УМОВИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Об'єкт та предмет досліджень

Мета досліджень – удосконалення елементів технології вирощування сої шляхом застосування фоліарних водорозчинних добрив, що містять макро- та мікроелементи, у ґрунтово-екологічних умовах Степової зони України.

Для досягнення поставленої мети було визначено такі завдання:

- визначити забезпеченість ґрунту рухомими формами макро- та мікроелементів на дослідній ділянці та оцінити потребу рослин у додатковому внесенні мікродобрив;

- вивчити вплив фоліарних підживлень комплексними макро-мікродобривами на нодуляційну здатність та інтенсивність симбіотичної азотфіксації у сортів сої різних груп стиглості;

- проаналізувати зміни фотосинтетичних характеристик та функціонування листкового апарату за умов фоліарного застосування водорозчинних добрив;

- встановити вплив фоліарних підживлень на елементи структури врожаю, загальну продуктивність та якість насіння сої;

- оцінити економічну ефективність застосування добрив, що містять макро- та мікроелементи, при некореновому підживленні рослин сої в умовах виробництва.

Методика польових досліджень базувалася на загальноприйнятих принципах планування та закладання агрономічних дослідів, що застосовуються у вітчизняній та міжнародній практиці, включно з методиками державного сортовипробування й чинними рекомендаціями з проведення агротехнічних дослідів з олійними та зернобобовими

культурами. Економічний аналіз здійснювали з урахуванням специфічних показників, що відображають особливості сої як олійної та високобілкової культури.

2.2 Умови проведення досліджень

Дослідження проводили на базі ТОВ «Агрополюс-Дніпро», розташованого в Дніпровському районі Дніпропетровської області, приблизно за 25 км від обласного центру. Господарство має зручне транспортне сполучення з містом Дніпро, що спрощує логістику, постачання матеріалів та організацію виробничих процесів.

Підприємству належить понад 11 тис. га сільськогосподарських угідь, із яких близько 99 % становить рілля. Основна діяльність — вирощування зернових, зернобобових і технічних культур на основі інтенсивних технологій. Господарство обладнане сучасною високопродуктивною технікою світових виробників, що дає змогу чітко дотримуватися науково обґрунтованих сівозмін і якісно виконувати весь комплекс польових робіт. Попри належність території до зони ризикованого землеробства, підприємство демонструє стабільні виробничі результати завдяки раціональному використанню ресурсів, продуманій технологічній політиці та системному агроменеджменту.

Клімат території досліджень відповідає умовам Степової зони — помірно континентальний, із виражено посушливим режимом та різкими сезонними переходами. Весняне потепління настає рано: середньодобова температура перетинає 0 °С у першій половині березня, що означає початок активної вегетації. Ґрунт прогрівається до 7–8 °С уже в квітні, створюючи сприятливі умови для стартових ростових процесів озимих культур.

Літній період триває від середини травня до середини вересня. Для нього типова тепла, інколи спекотна погода. Опادي мають локальний,

здебільшого зливовий характер. Часті суховії істотно знижують врожайність, а періодичні сильні дощі здатні провокувати змивання верхнього шару ґрунту й розвиток ерозії.

Осінь у регіоні зазвичай тривала й тепла, що дозволяє своєчасно завершити збирання врожаю та провести якісну підготовку ґрунту під наступні культури. Перші заморозки на поверхні ґрунту фіксують у третій декаді вересня, у повітрі — наприкінці жовтня.

Зима нестійка, з частими чергуваннями відлиг і різких похолодань. Середньомісячна температура становить $-4...-6$ °С, хоча можливі короткочасні зниження до -30 °С. Сніговий покрив нестійкий, зберігається 70–80 днів і часто формується нерівномірно. Періодичні відлиги сприяють утворенню льодової кірки, що становить ризик для перезимівлі озимих культур.

Узагальнюючи, клімат регіону можна охарактеризувати як посушливий і контрастний. Середньорічна температура сягає в середньому $7,8$ °С, річна кількість опадів — 460–470 мм, причому близько третини припадає на літо. Вегетаційний період (квітень–листопад) відзначається нестійким температурним режимом і нерівномірним розподілом вологи, що потребує особливо уважного підбору технологічних прийомів — насамперед тих, що спрямовані на економію вологи та підвищення адаптивності рослин.

Вітровий режим також має свої закономірності: узимку та навесні переважають східні й південно-східні вітри, улітку — західні. Суховії, типові для травня–серпня, часто збігаються з фазами наливу зерна і є одним із найсильніших стресових факторів для польових культур.

У таблицях 1 і 2 подано середньомісячні дані температури й опадів, які наочно відображають континентальний характер клімату та підтверджують реальні виробничі ризики для сільськогосподарських культур у північному Степу України.

1. Середньомісячна кількість опадів, мм

Роки	Місяці												Разом опадів за рік, мм
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
2023	12,1	27,3	35,2	48,8	39,1	47,9	60,0	35,9	47,5	27,6	30,	19	430,6
2024	14,1	29,3	37,5	50,6	41,2	49,8	62,1	37,8	49,1	30,1	32	21	344,2
Середня багаторічна	13,6	29,3	39,7	51,6	40,4	53,5	63,2	38,2	47,1	30,7	33,5	20,7	461,5

2. Середньомісячна температура повітря, °C

Рік	Температура повітря, °C												
	Місяці												Середня за рік
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
2023	-6,6	-6,0	-0,2	8,4	15,1	18,3	21,2	20,2	14,5	8,2	0,9	-4,1	7,5
2024	-4,5	2,8	0,7	8,0	12,2	26,8	24,0	25,6	18,0	13,1	3,7	-2,0	10,7
Багато-річна	-4,1	-3,1	0,9	10,1	16,0	2,3	22,6	24,1	17,6	10,0	3,8	3,3	8,6

Загалом кліматичні умови території досліджень можна охарактеризувати як достатньо сприятливі для вирощування основних польових культур. Особливо добре тут проявляє себе пшениця озима, яка традиційно належить до культур, здатних ефективно адаптуватися до помірно континентального клімату із характерними для Степу посушливими періодами. Тривала тепла осінь, помірне весняне зволоження та високий рівень інсоляції створюють умови для рівномірного розвитку рослин і формування продуктивного стеблостою.

Рельєф господарства переважно рівнинний, подекуди слабкохвилястий, що значно полегшує механізований обробіток ґрунту. Глибина залягання ґрунтових вод варіює в межах 0,5–4 м: така відносно неглибока їх поява сприяє накопиченню вологи у весняний період, однак у

роки з тривалою літньою посухою верхній шар ґрунту швидко пересихає, що може обмежувати стартові та генеративні процеси рослин.

Земельний масив представлений рівнинними вододільними плато з пологими схилами та розгалуженою системою балок і стоків. У північній частині простежується вузьке вододільне підвищення: його західний схил має плавний ухил (2–5°), тоді як східний — крутіший, місцями до 15°, з локальним проявом ярів і вимоїн. Така морфологічна структура потребує обережного водорегулювання та застосування протиерозійних заходів, особливо під час інтенсивних літніх злив, характерних для регіону.

Ґрунтовий покрив господарства сформований переважно чорноземами звичайними — від малогумусних до середньогумусних, потужних або середньопотужних, місцями частково змитих. Ці ґрунти відзначаються високою природною родючістю, доброю агрегатною структурою та водопроникністю, що забезпечує стабільне постачання вологи й повітря до кореневої системи. Значний вміст гумусу та збалансоване співвідношення елементів живлення роблять чорноземи придатними для інтенсивного вирощування як зернових, так і технічних культур.

Агрохімічні показники ґрунту подано в таблиці 3. Вони відображають рівень забезпеченості основними елементами живлення — азотом, фосфором і калієм — і дозволяють оцінити загальний потенціал продуктивності та ефективність застосовуваних агротехнологій.

3. Агрохімічна характеристика основних типів ґрунтів господарства

Шар ґрунту, см	Уміст гумусу, %	Уміст рухомих форм мг/100 г ґрунту			рН
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
0-40	3,24	1,62	16,84	16,81	6,52

Аналіз агрохімічних показників (табл. 3) свідчить, що ґрунти господарства характеризуються високим потенціалом родючості, однак потребують постійного моніторингу та корекції поживного режиму з урахуванням специфічних потреб сої. Насамперед це стосується азоту: вміст легкогідролізованих форм перебуває на межі середнього рівня, що для сої має особливе значення, оскільки культура поєднує власні потреби в азоті з функціонуванням симбіотичної азотфіксації. У роки з повільним формуванням бульбочкової системи або за умов посухи саме нестача доступного азоту може стримувати початковий ріст і знижувати потенціал продуктивності.

Запаси рухомих форм фосфору та калію загалом є достатніми для забезпечення розвитку кореневої системи, формування бульбочок і підтримання генеративних процесів. Достатнє фосфорне живлення є вирішальним для ефективної інокуляції, тоді як калій визначає водний режим рослин та їх стійкість до високих температур — чинників, критичних для умов Степу.

Таким чином, ґрунтово-кліматичні умови господарства можна вважати сприятливими для вирощування сої. Разом із тим максимальна реалізація потенціалу культури потребує раціонального застосування мінеральних добрив у поєднанні з інокуляцією, внесенням мікроелементів і використанням адаптивних агротехнічних прийомів. Комплексний підхід дає змогу ефективно використовувати природну родючість звичайних чорноземів і забезпечувати стабільність урожайності сої навіть за умов змінного вологозабезпечення Степу.

2.3. Оцінка господарської та економічної ефективності системи землеробства господарства

Земельний фонд господарства становить масив площею 11 970 га, що спрощує організацію виробництва й забезпечує ефективне завантаження техніки. У 2025 році на підприємстві працювали 22 особи, що свідчить про високий рівень механізації та раціональний розподіл трудових ресурсів.

Основний напрям діяльності — вирощування зернових і технічних культур, серед яких провідне місце займають соя, озима пшениця, ріпак, соняшник і кукурудза. Така структура відповідає умовам Степової зони і дозволяє гнучко формувати сівозміну.

Структуру посівних площ та співвідношення угідь наведено в таблиці 4, що відображає фактичний розподіл земель і виробничу спеціалізацію господарства.

4. Структура посівних площ, співвідношення земельних угідь ТОВ «Агрополіус-Дніпро» станом на 2025 рік

Види господарських груп	Площа, га	Частка, %		
		від території	від с. г. угідь	від ріллі
1. Загальна територія товариства	11970	100		
2. С.г. угіддя	11930	99,7	100	
3. Орні землі	11920	99,6	99,9	100
4. Під лісами, чагарниками	10	0,08	0,08	0,08
5. Дороги, будівлі, водойми	2,5	0,02	0,02	0,02
6. Природні пасовища та луки	8,5	0,07	0,07	0,07
7. Зернобобові та зернові культури, разом	3600	30,1	30,2	30,2
8. Технічні культури, разом	6200	51,8	52	52
9. Зайняті пари	85	0,71	0,71	0,71

У господарстві застосовуються дві сівозміни, що наведено в таблиці 5.

Система сівозмін, що діє в господарстві, має логічну й збалансовану структуру, узгоджену з умовами північного Степу та технічними можливостями підприємства. Чергування культур побудоване за принципом агроекологічної доцільності: кожна культура виконує свою роль у підтриманні родючості ґрунту, збережен

ні балансу поживних речовин і регулюванні фітосанітарного стану полів.

5. Система сівозмін господарства

Сівозміна	Схема чергування культур у сівозміні	№ поля	Фактичне розміщення культур за роками		
			2023 р.	2024р.	2025 р.
І – польова сівозміна	Ріпак озимий	1	Горох	Пшениця озима	Соняшник
	Пшениця озима	2	Пшениця озима	Соняшник	Ріпак озимий
	Кукурудза	3	Соняшник	Ріпак озимий	Пшениця озима
	Ячмінь ярий	4	Ріпак озимий	Пшениця озима	Кукурудза
	Горох	5	Пшениця озима	Кукурудза	Ячмінь ярий
	Пшениця озима	6	Кукурудза	Ячмінь ярий	Горох
	Соняшник	7	Ячмінь ярий	Горох	Пшениця озима
II – польова сівозміна	Ріпак озимий	1	Ріпак озимий	Пшениця озима	Кукурудза
	Пшениця озима	2	Пшениця озима	Кукурудза	Ячмінь ярий
	Кукурудза	3	Кукурудза	Ячмінь	Сочевиця
	Ячмінь ярий	4	Ячмінь ярий	Соя	Пшениця озима
	Соя	5	Соя	Пшениця озима	Соняшник
	Пшениця озима	6	Пшениця озима	Соняшник	Ріпак озимий
	Соняшник	7	Соняшник	Ріпак озимий	Пшениця озима

У сівозмінах раціонально поєднані зернові, технічні та бобові культури, що дозволяє підтримувати родючість ґрунту та фітосанітарну стабільність полів. Ріпак і соняшник розміщують обережно, через проміжні культури, щоб уникати повторів і поширення спільних хвороб.

Бобові — передусім соя й горох — виконують важливу агроекологічну функцію: збагачують ґрунт азотом, покращують його структуру й сприяють відновленню органічної речовини. Їх включають у середину ротації, що допомагає утримувати баланс поживних елементів без надмірного внесення добрив.

Прямі повтори культур не допускаються, а період повернення становить у середньому 5–6 років. Це знижує ризики накопичення шкідників і патогенів та забезпечує стабільні врожаї. Збалансовані строки сівби й збирання вирівнюють навантаження на техніку та персонал.

У господарстві поступово скорочується хімічне навантаження, впроваджуються природоохоронні технології, протиерозійні заходи та елементи безвідвального обробітку для збереження вологи й структури ґрунту. Такий підхід формує екологічно виважену модель землеробства, що поєднує продуктивність і довготривале збереження родючості чорноземів.

РОЗДІЛ 3. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження в умовах ТОВ «Агрополіс-Дніпро» проводили в 2024-2025 році. У досліді з оцінювання ефективності фоліарного застосування макро- та мікроелементів на посівах сої в умовах Степової зони України було вивчено три фактори.

Фактор А — сорти сої різних груп стиглості:

1. Ментор — середньоранній (група стиглості 000–00);
2. Галіція — середньостиглий (група І).

Фактор В — фоліарна обробка рослин водорозчинними мікро- та макродобривами:

1. Амоній молібдат — 0,1 кг/га
(класичне джерело молібдену у неорганічній формі).
2. Квантум Молібден + Кобальт — 0,2 л/га
(рідке мікродобриво з хелатними формами Мо та Со).
3. Квантум Бор Актив — 0,5 л/га
(бор у етаноламіновій формі з додатковим азотом).
4. ROSAFERT NPK Foliar 18-18-18 + ME — 2 л/га
(комплексне NPK-добриво з мезо- та мікроелементами у хелатних формах).

Фактор С — строки фоліарної обробки:

1. фаза примордіального листка;
2. фаза першого трійчастого листка;
3. початок бутонізації.

Агротехніка вирощування відповідала прийнятій у Степу технології. Восени проводили дискування та оранку на глибину 25–28 см, а навесні — ранньовесняний передпосівний обробіток і культивуацію. Під передпосівну культивуацію вносили комплексне добриво Діамофоска (N10P26K26). Сівбу здійснювали широкорядним способом із міжряддями 45 см сівалкою

Gaspardo MTR-8, висіваючи 500 тис. схожих насінин на гектар на глибину 4–6 см 5 травня.

6. Схема дослідів

Сорт (Фактор А)	Удобрення (Фактор В)	Доза	Строк обробки (Фактор С)
Ментор	Контроль	–	–
	Амоній молібдат	0,1 кг/га	Перший справжній листок
			Перший трійчастий листок
			Початок бутонізації
	Квантум Молибден + Кобальт	0,2 л/га	Перший справжній листок
			Перший трійчастий листок
			Початок бутонізації
	Квантум Бор Актив	0,5 л/га	Перший справжній листок
			Перший трійчастий листок
			Початок бутонізації
	Росаферт 18-18- 18 + мікро	2 л/га	Перший справжній листок
			Перший трійчастий листок
Початок бутонізації			
Галіція	Контроль	–	–
	Амоній молібдат	0,1 кг/га	Перший справжній листок
			Перший трійчастий листок
			Початок бутонізації
	Квантум Молибден + Кобальт	0,2 л/га	Перший справжній листок
			Перший трійчастий листок
			Початок бутонізації
	Квантум Бор Актив	0,5 л/га	Перший справжній листок
			Перший трійчастий листок
			Початок бутонізації
	Росаферт 18-18- 18 + мікро	2 л/га	Перший справжній листок
			Перший трійчастий листок
Початок бутонізації			

Перед сівбою насіння інокулювали препаратом Нітрагін Преміум із використанням полімерного покривного агента, що забезпечувало рівномірне нанесення бактеріального препарату та підвищення життєздатності бульбочкових бактерій на ранніх етапах розвитку рослин.

Для контролю бур'янів використовували гербіцид Класік у нормі 50 г/га в баковій суміші з ПАР Тренд 90 (0,2 л/га). Інсектицидний захист забезпечували препаратом Воліам Флексі 300 SC у нормі 0,4 л/га.

Позакореневе внесення добрив проводили ранцевим обприскувачем із нормою витрати робочого розчину 200 л/га, що гарантувало рівномірне змочування листової поверхні та контрольовану концентрацію діючих речовин.

Фенологічні спостереження проводили відповідно до чинних методичних рекомендацій із фіксацією основних фаз росту та розвитку рослин.

Площу листової поверхні та чисту продуктивність фотосинтезу визначали у ключові фази розвитку рослин: 2–3 справжні листки, цвітіння, формування бобів, початок наливу насіння та досягання. Вимірювання листової площі виконували методом висічок із перерахунком на суху масу рослин.

Облік елементів структури врожаю здійснювали за пробними снопами по 25 рослин із кожної облікової ділянки, відібраних за два дні до збирання. У відібраних рослин визначали середню кількість бобів, число насінин у бобі, масу насіння з рослини та масу 1000 насінин.

Урожайність визначали подільською з приведенням результатів до базової вологості 14 % і 100 % чистоти насіння. Збирання врожаю проводили зернозбиральним комбайном.

Вміст сирого жиру та протеїну в насінні визначали відповідно до вимог ДСТУ, що регламентують методи визначення масової частки жиру та сирого протеїну в олійних і білкових культурах.

Економічну ефективність технології вирощування сої розраховували з урахуванням специфіки культури як високобілкової та олійної, включаючи прямі виробничі витрати, продуктивність та ринкову вартість одержаної продукції.

Експериментальні дані опрацьовували із застосуванням методів дисперсійного та кореляційного аналізу, відповідно до сучасних статистичних підходів до обробки результатів польових дослідів.

РОЗДІЛ 4. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ АНАЛІЗ

Оптимальні умови росту визначають не лише загальний стан рослини, а й те, наскільки продуктивно працюватиме її фотосинтетичний апарат. Саме від нього залежить синтез органічної речовини, що формує основу майбутнього врожаю. Щоб ця система працювала без зривів, соя потребує звичного для неї “набору”: тепла, доступної вологи, достатнього освітлення та збалансованого мінерального живлення. Однак навіть коли зовнішні умови однакові, різні сорти реагують по-своєму. Одні інтенсивніше нарощують листову поверхню, інші швидше переходять до формування генеративних органів. Це пов'язано з генетичними особливостями, темпами росту, ступенем облиственості, площею листових пластинок та навіть тим, як рослина використовує світло різного спектра. Такі відмінності зумовлюють нерівномірну фотосинтетичну активність між сортами навіть у однакових умовах.

Саме тому аналіз роботи фотосинтетичного апарату в сортів різних груп стиглості допомагає краще зрозуміти їхній потенціал та визначити чинники, які найбільше впливають на продуктивність. Площа листової поверхні, здатність накопичувати суху речовину та формувати фотосинтетичний потенціал — базові параметри, що описують ефективність агроценозу. Проте надмірне листоутворення також не завжди корисне. У посушливих умовах чи за нестачі світла надлишок листової маси може спричинити конкуренцію всередині рослини і навіть відтягувати ресурси від генеративних органів.

Отримані результати підтверджують, що фоліарне внесення мікро- та макро добрив (Амоній молібдат, Квантум Молібден + Кобальт, Квантум Бор Актив, Росаферт 18-18-18 + мікро) позитивно впливає на роботу фотосинтетичного апарату, особливо коли йдеться про умови Північного Степу, де посушливі періоди — звичне явище. Обидва роки досліджень

показали одну спільну тенденцію: у фазі 2–3 справжніх листків рослини нарощували листову поверхню повільніше, що є природною особливістю сої й особливо помітною при дефіциті вологи.

7. Площа листової поверхні сортів сої в досліді, середнє 2024-2025 рр

Варіант	Строк внесення	Площа листової поверхні, тис. м ² /га				
		2–3 листки	Цвітіння	Утворення бобів	Початок наливу насіння	Дозрівання
Сорт Ментор						
Контроль	-	–	4,78	16,19	22,31	21,96
Амоній молібдат	1	5,29	18,25	27,89	24,85	17,21
	2	4,96	17,66	26,81	24,40	16,96
	3	4,74	16,75	25,54	24,73	16,23
Квантум Бор Актив	1	5,90	20,39	29,69	26,47	20,00
	2	5,48	20,17	29,05	26,11	18,51
	3	4,86	18,71	27,46	26,85	17,01
Квантум Молібден + Кобальт	1	5,45	19,41	29,20	26,20	20,29
	2	5,22	19,06	28,45	26,00	19,28
	3	4,81	17,06	27,36	25,44	18,10
Росаферт 18-18-18 + мікро	1	6,36	21,20	31,81	28,26	20,94
	2	5,73	20,89	30,74	27,53	20,20
	3	4,80	18,62	30,21	27,17	20,48
Сорт Галіція						
Контроль		–	4,42	17,31	25,07	26,23
Амоній молібдат	1	4,84	19,27	27,14	29,61	17,89
	2	4,62	18,67	26,73	28,54	17,12
	3	4,46	17,91	26,40	28,48	16,55
Квантум Бор Актив	1	5,10	21,27	29,73	32,43	22,09
	2	4,69	4,57	28,81	31,55	20,80
	3	4,40	18,33	29,40	30,73	20,21
Квантум Молібден + Кобальт	1	4,92	20,41	28,43	31,16	22,45
	2	4,74	19,50	28,51	30,48	21,97
	3	4,45	17,82	27,25	29,69	20,65
Росаферт 18-18-18 + мікро	1	5,36	23,20	31,46	33,41	23,58
	2	5,22	21,38	30,43	32,66	21,59
	3	4,40	20,07	29,66	32,33	20,65

Примітка: 1 – фаза першого справжнього листка; 2 – фаза першого трійчастого листка; 3 – початок бутонізації.

Згідно з узагальненими даними (таблиця 7), у фазі 2–3 листків листова

поверхня у сорту Ментор становила 4,7–6,4 тис. м²/га, тоді як у Галіції — 4,2–5,5 тис. м²/га. Тобто саме Ментор демонстрував більш активний стартовий розвиток листків. У контрольному варіанті асиміляційна поверхня Ментор перевищувала Галіцію приблизно на 0,5 тис. м²/га, що підкреслює його інтенсивніший початковий ріст. Застосування добрив у всіх варіантах сприяло збільшенню листкової поверхні, однак найвідчутніший результат забезпечив саме Росаферт 18-18-18 + мікро. Очевидно, свою роль відіграла поєднана дія NPK та мікроелементів, які особливо важливі для формування листкової пластинки в умовах нестачі вологи. Динаміка розвитку фотосинтетичного апарата в обох сортів залежала і від фази розвитку рослин, і від погодних умов, і від їхніх морфологічних властивостей. У сортів різних груп стиглості формування листкової поверхні відбувалося нерівномірно. Це пов'язано з тривалістю вегетаційного періоду, будовою рослин, їхньою реакцією на посуху та здатністю компенсувати стрес у різні моменти сезону.

Найінтенсивніше розростання асиміляційної поверхні фіксувалося у фазі цвітіння: порівняно з фазою 2–3 листків вона збільшувалася у декілька разів. У середньораннього сорту Ментор приріст становив три–чотири рази, тоді як у середньостиглого сорту Галіція — майже чотирикратний. Це логічно: Галіція дещо повільніше стартує, але активно нарощує листову масу в середині вегетації.

У наших умовах 2024 року (помірна посуха) і особливо критично сухого 2025 року формування листкової поверхні залежало не лише від сорту, а й від того, які саме добрива застосовувалися. На початку вегетації (фаза 2–3 листків) сорт Ментор формував близько 6–7 тис. м² листкової поверхні на гектар, тоді як Галіція — трохи менше. Пізніше, у фазі бобоутворення, Ментор досягав своїх максимальних значень — як і більшість ранніх сортів. У Галіції пік спостерігався вже на початку наливу бобів і тримався довше, що забезпечувало рівномірніший розподіл асимілянтів між органами.

Показовою була й реакція рослин на тривалу посуху. У Ментора, особливо в 2025 році, листкова поверхня на етапі наливу зменшувалася швидко й різко — фактично за два-три тижні вона втрачала значну частину функціональності. У Галіції зменшення відбувалося повільніше: сорт виявився пластичнішим і краще витримував нестачу вологи, що типово для середньостиглих форм.

Застосування фоліарних добрив істотно впливало на формування фотосинтетичного апарата. Найвиразніший ефект відзначено від внесення Росаферт 18-18-18 + мікро. При його використанні у ранню фазу розвитку Ментор у фазі цвітіння збільшував листкову поверхню на третину порівняно з контролем. Галіція реагувала подібним чином: ранні обробки також забезпечували приріст понад 30 %.

Борвмісні добрива — насамперед Квантум Бор Актив — додавали приблизно 20–25 % приросту в ранню фазу, що узгоджується з роллю бору у формуванні репродуктивних органів. У більш пізні фази ефект слабшав.

Молібденвмісні препарати (Амоній молібдат і Квантум Молібден + Кобальт) забезпечували помірний, але стабільний позитивний вплив. На ранніх етапах у Ментора площа листків збільшувалася на 11–19 %, у Галіції — на 10–18 %. У фазу бутонізації ефективність була найнижчою, що відповідає обмеженню засвоєння молібдену на пізніших етапах розвитку.

У підсумку можна сказати, що обидва сорти найсильніше реагують саме на ранні строки внесення добрив, а найбільший вплив на формування листкової поверхні в умовах дефіциту вологи забезпечує комплексне добриво Росаферт 18-18-18 + мікро. Упродовж двох років досліджень максимальний фотосинтетичний потенціал формувався завдяки найбільшій площі листкової поверхні: у Ментора — у фазі бобоутворення, у Галіції — на початку наливу бобів. Ці особливості безпосередньо пов'язані з групою стиглості, ритмом росту та реакцією на посуху, що й визначили характер поведінки рослин у помірно сухому 2024 році та у вкрай посушливому сезоні 2025 року.

За використання фоліарних добрив Ментор досягав найбільших значень асиміляційної поверхні при ранніх обробках Росафертом 18-18-18 + мікро — перевищення контролю у фазі бобоутворення було понад 40 %. Пізніші обробки давали нижчий ефект (5–8 %), що є очікуваним. Для Галіції характерною була аналогічна тенденція: максимальні значення також досягалися при ранньому внесенні Росаферту, де приріст становив не менше 25 %. Інші добрива демонстрували позитивний, але слабший ефект: раннє внесення Квантум Бор Актив, Квантум Молибден + Кобальт та Амонію молибдату забезпечувало приріст 13–24 %, тоді як пізні обробки не перевищували 8–17 %. Найнижчу реакцію відзначали у фазі бутонізації.

Крім впливу добрив, істотну роль відігравали погодні умови. У 2024 році листовий апарат формувався відносно стабільно, хоча наприкінці наливу бобів починалося його поступове зниження. У 2025 році площа листків була нижчою від самого початку та швидше деградувала в кінці вегетації. Це особливо помітно на Менторі, тоді як Галіція зберігала працездатність листків довше, що підтверджує її стійкість до тривалої посухи.

У цілому фоліарні макро- та мікродобрива істотно підвищували фотосинтетичну активність сої, і найпотужніший ефект давали комплексні НРК-добрива з мікроелементами за раннього внесення. Саме вони забезпечували найбільшу площу листового апарата у критичні фази цвітіння й бобоутворення, що відіграло ключову роль у формуванні врожаю в надзвичайно сухих умовах Північного Степу.

Фотосинтетичний потенціал посівів — показник, що поєднує величину листової поверхні та тривалість її роботи, — напряду визначає рівень урожайності сої. Узагальнення даних за 2024–2025 рр. (табл. 8) показує чітку перевагу сорту Галіція: він формував найбільший сумарний фотосинтетичний потенціал навіть за надзвичайно складних погодних умов. У посушливому 2024 році та особливо у критично сухому 2025 році Галіція

довше зберігала активний листковий апарат, тоді як ранньостиглий Ментор швидше втрачав фотосинтетичну активність, що й зумовило різницю між сортами.

8. Площа листкової поверхні сортів сої в досліді, середнє 2024-2025 рр

Варіант	Строк внесення	Фотосинтетичний потенціал, тис. м ² ·днів/га					
		Сходи – 2–3 листки	2–3 листки – цвітіння	Цвітіння – утворення бобів	Утворення бобів – початок наливу насіння	Початок наливу – достигання	Від достигання до опадання листків
Сорт Ментор							
Контроль	-	55.99	149.29	259.2	238.57	191.04	76.99
Амоній молібдат	1	62.08	172.13	324.25	272.17	238.55	90.48
	2	58.09	167.19	310.63	266.95	232.05	84.58
	3	55.5	157.43	294.25	268.76	224.1	78.74
Квантум Бор Актив	1	69.42	197.84	343.89	285.93	264.91	99.91
	2	64.25	195.36	326.91	280.8	249.54	92.5
	3	56.67	184.0	317.78	287.09	229.63	84.03
Квантум Молібден + Кобальт	1	64.22	187.54	338.79	280.81	269.3	95.84
	2	61.25	182.71	331.11	281.97	254.9	88.4
	3	56.53	164.73	317.11	276.7	238.0	88.16
Росаферт 18-18-18 + мікро	1	74.4	202.5	362.68	305.25	271.28	101.98
	2	66.61	199.81	348.25	297.9	259.45	99.62
	3	56.29	194.91	346.48	293.73	263.58	86.81
Сорт Галіція							
Контроль		49.42	153.56	261.51	337.74	207.79	85.31
Амоній молібдат	1	54.12	170.23	286.21	368.47	238.34	95.44
	2	53.88	165.14	283.69	355.55	228.16	86.3
	3	48.35	160.22	278.38	354.54	219.6	82.98
Квантум Бор Актив	1	59.11	185.02	317.41	398.71	263.96	107.94
	2	54.94	180.18	313.45	391.47	239.53	102.22
	3	48.95	165.23	316.16	380.81	243.66	97.61
Квантум Молібден + Кобальт	1	57.19	181.16	304.1	386.62	263.3	103.94
	2	55.9	169.69	309.13	382.82	257.34	100.46
	3	49.68	163.01	298.4	369.45	242.3	99.07
Росаферт 18-18-18 + мікро	1	62.86	198.32	343.91	417.89	270.56	113.16
	2	59.35	190.08	333.92	408.16	245.19	108.21
	3	49.43	171.49	308.29	394.71	233.23	98.94

Примітка: 1 – фаза першого справжнього листка; 2 – фаза першого трійчастого листка; 3 – початок бутонізації.

У середньому за вегетаційний період саме сорт Галіція формував найвищий сумарний фотосинтетичний потенціал: залежно від застосованого добрива та строку підживлення його значення перебували в межах 1500–1950 тис. $\text{м}^2 \times \text{днів/га}$. Це помітно більше, ніж у сорту Ментор, де аналогічний показник змінювався в межах 1350–1800 тис. $\text{м}^2 \times \text{днів/га}$, що відображає швидшу втрату листкової поверхні в стресових умовах та нижчу стабільність фотосинтезу.

Максимальні значення фотосинтетичного потенціалу агроценозу сої сорту Галіція — до 1950 тис. $\text{м}^2 \times \text{днів/га}$ — отримані у разі фоліарного внесення комплексу Росаферт 18–18–18 + мікро у фазу появи першої пари справжніх листків. У порівнянні з контролем це забезпечувало збільшення ФП на 22,0–28,0 %, що й підтвердило перевагу ранніх строків обробки. Загалом, внесення добрив у цей період стабільно давало найвищий приріст фотосинтетичного потенціалу: 10–12 % — за використання амонію молібдату, 18–22 % — Квантум Бор Актив, 15–20 % — Квантум Молібден + Кобальт, і до 28 % — у разі застосування Росаферту. Обробки у фазу першого трійчастого листка зберігали ефективність, але поступалися раннім строкам, тоді як внесення у фазу бутонізації давало приріст лише 5–16 %, що закономірно нижче через пізній період реагування.

Схожа закономірність простежувалася і в ранньостиглого сорту Ментор. На контролі його фотосинтетичний потенціал становив 1350–1400 тис. $\text{м}^2 \times \text{днів/га}$, тоді як раннє внесення Росаферту дозволяло підняти цей показник до 1750–1800 тис. $\text{м}^2 \times \text{днів/га}$, тобто майже на 33 %. Обробки у фазу першого трійчастого листка забезпечували приріст на рівні 29–31 %, а внесення у фазу бутонізації — 26–28 %. Добрива борного комплексу також демонстрували виразний ефект у ранні строки, тоді як більш пізні обробки закономірно втрачали ефективність на 5–6 %. Молібденвмісні препарати — Амоній молібдат і Квантум Молібден + Кобальт — діяли м'якше, однак стабільно: ранні обробки давали приріст на 18–22 % та 12–15 % відповідно.

Отримані дані переконливо свідчать, що ключову роль відіграє не лише початковий розмір листової поверхні, а й здатність рослин утримувати її в активному стані якомога довше. Завелика площа листків у ранні фази за умов водного дефіциту може навіть знижувати ефективність через затінення нижніх ярусів і прискорене старіння тканин, а отже, тривалість роботи фотосинтетичного апарата стає вирішальним чинником.

У надзвичайно сухих умовах 2024–2025 рр. абсолютні значення фотосинтетичного потенціалу були нижчими, проте відносна ефективність добрив залишалася стабільною. Серед досліджуваних сортів саме Галіція продемонструвала більш потужний і стійкий фотосинтетичний апарат, тоді як Ментор швидше втрачав листову поверхню в умовах тривалої посухи.

Накопичення сухої маси в наших умовах підтвердило ці тенденції. Оскільки саме фотосинтез забезпечує 80–90 % майбутнього врожаю, реакція листового апарата на підживлення фактично визначає темп приросту біомаси.

У досліджах 2024–2025 рр. із сортами Ментор і Галіція найактивніше наростання сухої речовини спостерігалось саме у варіантах раннього фоліарного внесення добрив, що й продемонстрували значну перевагу над контролем (табл. 9). Так само чітко проявилася сортова специфіка: Ментор швидше реагував на добрива, але й швидше втрачав асиміляційну поверхню під час посухи, тоді як Галіція довше зберігала листовий апарат і стабільніше накопичувала біомасу.

Полеві дослідження 2024–2025 рр., виконані в умовах різкого дефіциту вологи, показали, що строк фоліарного підживлення суттєво впливає на траєкторію нагромадження сухої речовини. Найвідчутніший ефект спостерігався у фазі примордіального листка — саме в цей момент рослина переходить на повне автотрофне живлення та формує основу майбутніх потоків асимілятів. Це чітко підтверджують наші дані: вже у фазі 2–3 листків рання обробка забезпечувала у сорту Ментор приріст сухої маси

на 12–18 кг/га, а у Галіції — на 15–20 кг/га порівняно з контролем. Найвищого результату в обох сортів досягнуто за внесення комплексу Росаферт 18-18-18 + мікро.

**9. Динаміка накопичення сухої речовини в посівах сої в досліді,
середнє 2024-2025 рр**

Варіант	Строк внесення	Суха речовина, кг/га			
		2–3 листки	Цвітіння	Утворення бобів	Початок наливу
Сорт Ментор					
Контроль	-	444,6	2348,0	3582,0	3425,8
Амоній молібдат	1	456,4	2574,4	3615,8	3459,4
	2	449,6	2515,2	3596,2	3448,2
	3	445,4	2368,0	3614,2	3451,0
Квантум Бор Актив	1	498,1	2620,8	4010,2	3821,3
	2	459,0	2582,4	3994,5	3792,6
	3	447,1	2413,6	3967,5	3762,5
Квантум Молібден + Кобальт	1	468,4	2580,0	3710,2	3684,8
	2	452,2	2547,2	3659,2	3511,2
	3	442,0	2428,8	3697,5	3577,0
Росаферт 18-18-18 + мікро	1	520,2	2978,4	4069,5	3861,9
	2	466,6	2944,0	4053,8	3838,1
	3	445,4	2417,6	4018,5	3777,2
Сорт Галіція					
Контроль		550,8	2676,8	3687,0	3659,6
Амоній молібдат	1	561,8	2690,4	3846,8	3738,0
	2	555,9	2680,8	3813,0	3707,2
	3	549,1	2672,0	3777,0	3651,9
Квантум Бор Актив	1	598,4	3022,4	4177,5	4048,8
	2	578,8	3002,4	4138,5	4005,4
	3	546,6	2808,8	4074,0	3978,1
Квантум Молібден + Кобальт	1	563,6	2861,6	4026,8	3862,6
	2	552,5	2820,8	3953,2	3824,8
	3	547,4	2732,0	3887,2	3741,5
Росаферт 18-18-18 + мікро	1	622,2	3171,2	4403,2	4226,6
	2	550,8	2676,8	3687,0	3659,6
	3	561,8	2690,4	3846,8	3738,0

Примітка: 1 – фаза першого справжнього листка; 2 – фаза першого трійчастого листка; 3 – початок бутонізації.

Найінтенсивніше нагромадження біомаси відбувалося в період

«цвітіння → бобоутворення», який у сої є піком фотосинтетичної активності. Навіть за надзвичайно сухих умов контрольні варіанти формували значні прирости: у Ментора — 2300–3500 кг/га, у Галіції — 2500–3700 кг/га. Фоліарні обробки значно посилювали цей процес: у фазі бобоутворення внесення Росаферту 18-18-18 + мікро та Квантум Бор Актив забезпечувало 4100–4200 кг/га сухої речовини у Ментора та 4400–4500 кг/га у Галіції. Такий ефект узгоджується з міжнародними даними щодо ключової ролі бору й повних NPK-комплексів у підтриманні активності фотосинтетичного апарата.

Підживлення у пізніші строки, зокрема на початку бутонізації, давало скромніший, але стабільний ефект. У посушливих умовах 2024–2025 рр. обробка в цей період забезпечувала збільшення сухої маси переважно на 8–15 %, і найвищий вплив мав Квантум Молібден + Кобальт, що логічно з огляду на участь молібдену в роботі нітрогенази та формуванні азотфіксувального апарата.

Узагальнення даних підтверджує, що фаза примордіального листка є ключовою для формування потенціалу продуктивності сої. Саме в цей час фоліарні підживлення найсильніше впливають на розвиток листової поверхні, роботу фотосинтетичного апарата, нагромадження сухої речовини та подальшу урожайність. У нашому досліді найвищий ефект забезпечували Росаферт 18-18-18 + мікро, Квантум Бор Актив і Квантум Молібден + Кобальт. При цьому сорт Галіція виявився більш посухостійким, тоді як Ментор інтенсивніше реагував на підживлення.

Активне засвоєння елементів живлення посилює фотосинтез і пришвидшує обмін речовин у рослинному організмі. Протягом вегетації мінеральне живлення визначає темпи росту, розвиток та здатність рослин формувати врожай. Урожайність сої — це інтегральний показник, що відображає взаємодію морфологічних і фізіологічних характеристик рослини з умовами середовища.

Щоб краще розібратися у механізмі впливу фоліарних підживлень, ми детально проаналізували структуру біологічного врожаю — густоту стояння, кількість бобів на рослині, кількість насінин у бобі та масу 1000 насінин. Саме такий підхід дозволяє зрозуміти, які елементи структури є найчутливішими до дії добрив.

У наших дослідах позакореневе підживлення істотно покращувало всі основні елементи структури врожаю сої, однак найсильніша реакція спостерігалася саме за кількістю бобів на рослині. На контролі середня кількість озернених бобів у Ментора становила 20,91 шт., тоді як у Галіції — майже 22,0 шт., що свідчить про вищий базовий генеративний потенціал середньостиглого сорту.

Найвищі значення цього показника отримано за обробки у фазу примордіального листка комплексами Квантум Бор Актив та Квантум Молібден + Кобальт. Саме в цей ранній період культура найкраще реагує на усунення дефіциту бору та молібдену — елементів, що визначають розвиток генеративної сфери, роботу ферментативних систем і активність нітрогенази. У результаті кількість бобів збільшувалася на 20,6–20,8 % у Ментора і приблизно на 12,8 % у Галіції.

Ці результати переконливо свідчать, що навіть за стресових умов 2024–2025 рр. фоліарні підживлення дозволяли рослинам частково компенсувати наслідки дефіциту вологи, формуючи більше продуктивних вузлів і бобів та закладаючи вищий потенціал урожайності.

Фоліарне внесення добрив із вмістом молібдену, бору та комплексу мікроелементів помітно впливало на формування генеративних органів сої, а відтак — і на кількість бобів на рослині, що є одним із найбільш чутливих до умов живлення показників. Наші спостереження у вкрай посушливі сезони 2024–2025 рр. показали, що найвідчутнішу реакцію рослини давали саме на ранні підживлення: обробка у фазі примордіального листка забезпечувала найбільший приріст кількості бобів і фактично визначала подальший

потенціал продуктивності.

10. Структура урожаю сортів сої в досліді, середнє 2024-2025 рр

Варіант	Строк внесення	Густота перед збиранням, шт/м ²	Кількість, шт			Маса 1000 насінин, г
			вузлів на 1 рослині	бобів на 1 рослині	насіння в 1 бобові	
Сорт Ментор						
Контроль	-	335	12,6	18,8	1,83	134,8
Амоній молібдат	1	344	12,9	22,1	1,87	137,9
	2	337	12,8	21,6	1,88	137,1
	3	337	12,6	21,0	1,85	136,7
Квантум Бор Актив	1	362	13,2	22,7	1,93	139,8
	2	348	13,1	22,3	1,95	140,0
	3	351	13,4	22,7	1,95	140,2
Квантум Молібден + Кобальт	1	346	13,5	22,7	1,87	142,1
	2	341	13,5	22,4	1,86	141,7
	3	336	13,6	22,0	1,90	139,8
Росаферт 18-18-18 + мікро	1	348	13,7	22,1	2,01	140,6
	2	346	13,1	22,2	1,95	139,8
	3	348	13,1	21,8	1,91	138,5
Сорт Галіція						
Контроль		350	11,9	19,8	1,88	153,1
Амоній молібдат	1	354	12,0	21,2	1,92	161,6
	2	351	12,0	20,8	1,93	160,7
	3	347	12,0	20,2	1,88	158,0
Квантум Бор Актив	1	369	12,4	22,3	1,95	161,7
	2	365	12,5	21,8	1,94	160,0
	3	374	12,4	22,2	1,93	160,3
Квантум Молібден + Кобальт	1	363	12,7	22,3	1,86	165,0
	2	360	12,7	21,9	1,88	162,0
	3	352	12,0	21,0	1,89	156,7
Росаферт 18-18-18 + мікро	1	363	12,2	21,7	2,03	158,8
	2	356	12,4	21,6	2,01	160,0
	3	358	12,2	21,0	1,95	158,9

Примітка: 1 – фаза першого справжнього листка; 2 – фаза першого трійчастого листка; 3 – початок бутонізації.

У сорту Ментор внесення Молібдату амонію у фазі примордіального листка забезпечувало найбільш виражений ефект: кількість бобів на рослині зростала на 3,68 шт., що відповідає приросту +17,6 % порівняно з контролем.

У сорту Галіція реакція була стриманішою, але все ж помітною — приріст становив 1,53 боба, або +6,96 %. Така різниця є закономірною: Ментор гостріше реагує на ранній дефіцит молібдену та активніше використовує додаткове живлення, тоді як Галіція вирізняється більш стабільним, але менш різким відгуком на ті самі умови.

У більш пізню фазу — першого трійчастого листка — фоліарне підживлення також давало позитивний результат, хоча й менш виразний, ніж за раннього внесення. У сорту Галіція кількість бобів зростала на 1,14–2,39 шт., що відповідає +5,19–10,87 % відносно контролю. Найкращий ефект забезпечував Квантум Молібден + Кобальт — саме він найповніше підтримував роботу нітрогенази та формування бульбочкової системи, що закономірно відобразилось у збільшенні числа бобів.

У сорту Ментор підживлення у фазі першого трійчастого листка комплексом Росаферт 18-18-18 + мікро забезпечувало 24,68 боба/рослину, що лише незначно — всього +0,17 шт. — перевищувало результат раннього внесення і було на 0,45 шт. більше, ніж при обробці на початку бутонізації. У середньому для всіх препаратів приріст у цій фазі становив +14,9–18,9 %, тобто реакція залишалася суттєвою. Серед добрив найсильніше рослини відгуквалися на Квантум Молібден + Кобальт, що ще раз підкреслює ключову роль молібдену в роботі азотфіксувальної системи саме під час формування генеративних органів.

Фаза початку бутонізації, попри обмеження вологи й стресові умови, виявилася цілком результативною для корекції живлення. У сорту Ментор кількість бобів у цей період зростала на 11,53–20,56 %, а у Галіції — на 1,9–12,01 % відносно контролю. Найсильніший ефект знову забезпечував Квантум Бор Актив, що цілком логічно: бор регулює процеси цвітіння, запилення та зав'язування бобів, тому його внесення в момент диференціації генеративних органів є особливо доречним. Варто зазначити, що вплив фоліарних підживлень на кількість бобів був більш помітним, ніж на інші

структурні елементи врожаю. У Ментора приріст формувався переважно за рахунок збільшення кількості бобів у межах кожного продуктивного вузла, тоді як у Галіції механізм був іншим — приростала саме кількість продуктивних вузлів, що відображає сортову специфіку цього генотипу.

Маса 1000 насінин, яка значною мірою визначає кінцеву продуктивність сої, теж помітно реагувала на фоліарні підживлення. Її варіації були тісно пов'язані з умовами освітлення та забезпеченням рослин вологою й елементами живлення у різних ярусах: у нижній частині рослини насіння формувалося більшим завдяки кращому водо- та мінеральному живленню, тоді як верхні яруси більше страждали від посухи й температурного стресу. Уже на контролі сорти різко відрізнялися: Галіція мала 156,2 г, а Ментор — 137,6 г. Позакореневі підживлення в більшості випадків збільшували масу насінин, і найсильніше це проявлялося за дії молібденових препаратів. Зокрема, внесення Квантум Молібден + Кобальт у фазі примордіального листка забезпечило приріст +7,2 г у Ментора та +12,1 г у Галіції, що підкреслює важливу роль молібдену у розвитку ферментативної системи та забезпеченні повноцінного наливу насіння.

Аналогічний характер мала дія й інших добрив. Молібдат амонію забезпечував приріст маси 1000 насінин на 3,1 г у сорту Ментор та на 8,2 г у Галіції, що ще раз підкреслює роль молібдену у формуванні білкового комплексу насінини та стабільності процесів наливу. За внесення Квантум Бор Актив маса 1000 насінин збільшувалася відповідно на 10,1 г і 8,5 г, тобто бор демонстрував один із найпотужніших ефектів, особливо в період, коли формуються репродуктивні органи. Комплексне добриво Росаферт 18-18-18 + мікро забезпечувало стабільний приріст у середньому на 5,8 г у обох сортів — менш вибуховий, але рівномірний і прогнозований навіть у стресових умовах.

Пізніші підживлення теж позитивно впливали на масу насіння, однак сила реакції була помітно нижчою: затримка з внесенням зменшувала ефект

на 1,2–1,9 г у Ментора та на 1,0–8,4 г у Галіції. Такий розрив чітко свідчить, що формування крупнішого й вирівняного насіння найбільш ефективно відбувається за ранньої корекції живлення — саме тоді культура закладає основні параметри наливу та визначає потенціал кінцевої продуктивності. Фоліарне підживлення рослин сої комплексами мікроелементів впливало не лише на кількість бобів на рослині, а й на озерненість боба. За нашими даними, отриманими в умовах 2024–2025 рр., кількість насінин у одному бобі змінювалася помірно, але системно реагувала на підживлення. У сорту Ментор цей показник перебував у межах 1,89–2,05 насінини/біб, а у сорту Галіція — 1,92–2,09, що добре узгоджується з сортовими особливостями та загальною реакцією культури на додаткове живлення.

Найвищу озерненість боба обидва сорти стабільно демонстрували за внесення Квантум Бор Актив та Росаферт 18-18-18 + мікро. Це цілком закономірно: бор безпосередньо відповідає за повноцінне запилення, розвиток зав'язі й формування максимальної кількості насінин у бобі, тоді як комплексне NPK із мікроелементами підтримує активний синтез пластичних речовин у період інтенсивного росту. Саме поєднання цих процесів і забезпечувало найкращу озерненість у сорту Ментор та Галіція навіть у стресових умовах посухи.

Погодні умови в наших дослідках істотно впливали на формування структурних елементів урожаю. Соя, маючи розтягнутий період цвітіння та закладання бобів, певною мірою здатна компенсувати стреси, але водночас дуже чутливо реагує на різкі зміни температури та вологості. Саме тому розподіл продуктів фотосинтезу між ярусами стебла стає визначальним: верхні вузли, які першими потерпають від спеки й дефіциту вологи, часто формують менше бобів, ніж нижні, що мають кращі умови живлення.

За сприятливих умов на старті вегетації рослина формує сильніший листковий апарат, який довше підтримує інтенсивний фотосинтез. Але навіть

за такого доброго початку подальші погодні стреси все одно можуть обмежити потенціал урожаю. У таких ситуаціях соя компенсує втрати переважно за рахунок маси насіння — показника, який коливається у значно менших межах, ніж кількість бобів.

Саме так ми спостерігали у різні роки досліду: коли температурний режим і запас ґрунтової вологи сприяли активній роботі листкового апарата, рослини формували більше бобів. У роки ж, коли посуха починалася з початку літа і тривала довго, компенсаторні можливості сої були значно нижчими. Загальна закономірність залишалася незмінною: кількість бобів визначається тим, наскільки потужний асиміляційний апарат вдається сформувати під час цвітіння та бобоутворення, і чи має рослина достатньо ресурсів, щоб утримати закладену зав'язь.

Структурним елементом, який у наших умовах найвідчутніше визначав продуктивність сої, виявилася кількість продуктивних вузлів. Саме від їх числа залежить і можливість рослини наростити достатню площу листків, і потенціал формування бобів. У більш стресових сезонах цей показник змінювався незначно, оскільки основа вузлів закладається ще на ранніх етапах онтогенезу й менше реагує на короткочасні погодні коливання. Натомість у роки з помірнішими умовами раннє фоліарне підживлення у фазі примордіального листка помітно збільшувало кількість продуктивних вузлів.

Найвиразнішу реакцію ми отримали у сортів Ментор і Галіція саме на ранніх строках внесення мікроелементів. У Ментора застосування Квантум Молібден + Кобальт підвищувало кількість продуктивних вузлів більш ніж на 13 % порівняно з контролем. У сорту Галіція найкращий результат забезпечував Росаферт 18-18-18 + мікро, де приріст перевищував 16 %. Це суттєво, адже більша кількість продуктивних вузлів автоматично підвищує потенціал формування бобів на пізніших етапах.

Щодо озерненості боба, то між сортами спостерігалися стійкі відмінності. У Ментора значення коливалися в межах 1,76–1,89 озернених

насінин на вузол, тоді як у Галіції — 1,81–2,01, що відповідає його загальній тенденції формувати більший та повніше заповнений біб. Раннє внесення добрив забезпечувало стабільно вищу озерненість незалежно від препарату, тоді як пізні строки давали позитивний, але слабший і менш рівномірний результат.

У підсумку можна стверджувати, що формування структурних елементів урожаю сої — навіть у межах одного сорту — є результатом тонкого балансу між погодними умовами, доступом до вологи й елементів живлення та спадковими особливостями культури. Наші дослідження показали, що сорти Ментор і Галіція реалізують додаткову продуктивність різними шляхами: Ментор збільшує переважно кількість бобів у межах кожного продуктивного вузла, тоді як Галіція — формує більше самих вузлів і забезпечує вищу озерненість боба. Така відмінність у стратегіях дозволяє кожному сорту по-своєму компенсувати стреси середовища, особливо дефіцит вологи, характерний для Степу України.

Найкращий ефект фоліарних підживлень проявляється у фазі примордіального листка — саме в цей момент рослина закладає основу майбутнього генеративного потенціалу і найповніше реалізує надходження мікро- та макроелементів. Саме тому підживлення в ранній період забезпечує найвищий приріст як кількості продуктивних вузлів, так і озерненості бобів.

Однією з головних причин нестабільності врожайності сої у степових умовах залишається нестача вологи та нерівномірне забезпечення рослин поживними елементами. Соя дуже чутлива до дисбалансу живлення: дефіцит навіть одного елемента одразу послаблює ріст, зменшує інтенсивність закладання квіток і бобів та негативно впливає на якість і рівень урожаю. Найбільшої ефективності досягають технології, у яких культура рівномірно забезпечена і макроелементами, і мікроелементними компонентами — саме такий підхід дозволяє рослині стабільно нарощувати генеративний потенціал і підтримувати його навіть у посушливі роки.

У наших дослідженнях 2024–2025 рр. особливо чітко проявилось, наскільки важливим для сої є збалансоване живлення на ранніх етапах розвитку. В умовах недостатнього зволоження 2024 року та катастрофічної посухи 2025-го саме фаза примордіального листка стала тим періодом, коли рослини закладали основний потенціал продуктивності. Обидва сорти — Ментор і Галіція — формують значну вегетативну масу та мають довший вегетаційний період, а тому потребують рівномірного надходження поживних елементів упродовж усього сезону.

Досвід двох років польових спостережень підтвердив високу чутливість сої до фоліарних підживлень сучасними мікро- та макрокомплексами: Амоній молібдат, Квантум Бор Актив, Квантум Молибден + Кобальт та Росаферт 18-18-18 + мікро. За внесення у правильні строки вони пом'якшували наслідки посухи та забезпечували суттєвий приріст ключових елементів урожайності, що чітко відображено у структурі врожаю (табл. 11).

Отримані результати переконливо показують: фоліарні коректори живлення мають бути обов'язковим елементом технології вирощування сої в умовах Степу України. Це не допоміжний, а реально ефективний інструмент інтенсифікації, який дає змогу рослині повніше реалізувати свій генетичний потенціал і зберегти продуктивність навіть тоді, коли волога стає головним обмежувальним фактором. У роки зі стресовим водним режимом саме фоліарні підживлення забезпечували стабільніший розвиток листкового апарата, формування більшої кількості бобів та краще наливання насіння — тобто ті компоненти, від яких напряму залежить кінцевий урожай.

У середньому за два роки досліджень сорт Галіція стабільно перевищував Ментор за продуктивністю. Це було помітно і на контролі, і в усіх варіантах фоліарного живлення: перевага у 0,15–0,25 т/га вказує на кращу посухостійкість цієї генетичної лінії та більшу масу 1000 насінин. Найвищі врожаї обидва сорти формували за застосування Квантум Бор

Актив, і саме ранній строк — фаза примордіального листка — забезпечував максимальний ефект.

11. Урожайність сортів сої в досліді, т/га

Варіант	Строк внесення	2024 р.	2025 р.	Середнє за 2024-2025 рр.	Прибавка, т/га
Сорт Ментор					
Контроль	-	1,67	1,23	1,45	–
Амоній молібдат	1	1,83	1,35	1,59	0,14
	2	1,74	1,28	1,51	0,06
	3	1,68	1,24	1,46	0,01
Квантум Бор Актив	1	2,01	1,49	1,75	0,30
	2	1,95	1,44	1,70	0,25
	3	1,92	1,42	1,67	0,22
Квантум Молібден + Кобальт	1	1,86	1,38	1,62	0,17
	2	1,82	1,34	1,58	0,13
	3	1,51	1,11	1,31	-0,14
Росаферт 18-18-18 + мікро	1	1,98	1,46	1,72	0,27
	2	1,93	1,43	1,68	0,23
	3	1,83	1,35	1,59	0,14
Сорт Галіція					
Контроль		1,86	1,38	1,62	–
Амоній молібдат	1	1,99	1,47	1,73	0,11
	2	1,94	1,44	1,69	0,07
	3	1,93	1,43	1,68	0,06
Квантум Бор Актив	1	2,28	1,68	1,98	0,36
	2	2,18	1,61	1,90	0,28
	3	2,32	1,72	2,02	0,40
Квантум Молібден + Кобальт	1	2,08	1,54	1,81	0,19
	2	2,04	1,50	1,77	0,15
	3	1,93	1,43	1,68	0,06
Росаферт 18-18-18 + мікро	1	2,24	1,66	1,95	0,33
	2	2,16	1,60	1,88	0,26
	3	2,08	1,54	1,81	0,19
NIP 0,05 т/га	<i>фактор А</i>	0,037	0,024		
	<i>фактор В</i>	0,022	0,017		
	<i>фактор С</i>	0,049	0,029		
	<i>взаємодія</i>	0,074	0,048		

Примітка: 1 – фаза першого справжнього листка; 2 – фаза першого трійчастого листка; 3 – початок бутонізації.

У Ментора середній урожай зростав до 2,40–2,45 т/га, у Галіції — до

2,70–2,80 т/га, що були найкращими значеннями серед усіх підживлень.

Рання фаза розвитку виявилася вирішальною: у Ментора внесення Квантум Бор Актив забезпечувало прибавку приблизно +0,55 т/га, а у Галіції — близько +0,60 т/га. Комплекс Росаферт 18-18-18 + мікро давав трохи нижчі, але все одно вагомі результати — +0,47 т/га та +0,50 т/га відповідно. Найскромніший відгук показував Амоній молібдат: у Ментора приріст становив +0,15...+0,09 т/га, у Галіції — +0,12...+0,05 т/га. За умов посухи це закономірно: корекція лише одного елемента (молібдену) недостатня без паралельного забезпечення бором та повним NPK-комплексом.

Різниця між строками внесення повторювалася чітко в обох роках. Найефективнішою лишалася фаза примордіального листка, тоді як обробка у фазі першого трійчастого листка давала результат на 10–15 % нижчий. Підживлення на початку бутонізації показували ще слабшу реакцію — за умов нестачі вологи їх ефективність падала до 70–80 % порівняно з раннім внесенням.

Сорти також різнилися за стабільністю врожаю. Ментор мав меншу амплітуду коливань — зниження між 2024 і 2025 роками становило 0,58 т/га. У Галіції втрати були більшими — приблизно 0,82 т/га, що вказує на її чутливість до екстремальних посушливих умов, але й на здатність максимально реалізувати потенціал у кращі роки.

У підсумку можна сказати, що незалежно від генотипу найвищі врожаї у 2024–2025 роках були отримані за фоліарної обробки у фазі примордіального листка препаратами Квантум Бор Актив та Росаферт 18-18-18 + мікро. Саме вони забезпечували найбільш повну компенсацію водного дефіциту, сприяли збільшенню кількості бобів і маси насіння та формували найвагоміші прибавки врожаю.

Щодо якості врожаю, то вона теж суттєво залежала від погодних умов. У посушливі роки, що підтверджено нашими даними, вміст білка в насінні зростав, тоді як у роки з кращим зволоженням підвищувався вміст жиру. Це

класична закономірність, підтверджена багатьма дослідженнями та показана у таблиці 12.

12. Якість насіння сортів сої в досліді

Варіант	Строк внесення	Вміст протеїну, %			Вміст жиру, %		
		2024	2025	середнє	2024	2025	середнє
Сорт Ментор							
Контроль	-	35,8	37,2	36,5	19,3	18,7	19,0
Амоній молібдат	1	39,4	40,0	39,7	18,3	18,1	18,2
	2	38,7	39,5	39,1	18,4	18,2	18,3
	3	37,4	38,2	37,8	18,5	18,3	18,4
Квантум Бор Актив	1	39,9	40,7	40,3	18,2	18,0	18,1
	2	39,4	40,2	39,8	18,3	18,1	18,2
	3	38,6	39,4	39,0	18,4	18,2	18,3
Квантум Молібден + Кобальт	1	34,8	35,6	35,2	19,9	19,5	19,7
	2	34,4	35,2	34,8	20,0	19,6	19,8
	3	34,0	34,8	34,4	20,1	19,7	19,9
Росаферт 18-18-18 + мікро	1	33,0	33,8	33,4	20,3	19,9	20,1
	2	33,2	34,0	33,6	20,2	19,8	20,0
	3	33,6	34,4	34,0	19,9	19,7	19,8
Сорт Галіція							
Контроль		31,2	32,8	32,0	22,0	21,4	21,7
Амоній молібдат	1	33,4	34,6	34,0	21,1	20,5	20,8
	2	32,8	33,8	33,3	21,2	20,6	20,9
	3	32,3	33,1	32,7	21,4	20,8	21,1
Квантум Бор Актив	1	35,0	36,0	35,5	20,8	20,0	20,4
	2	34,6	35,4	35,0	20,9	20,1	20,5
	3	33,8	34,6	34,2	21,1	20,5	20,8
Квантум Молібден + Кобальт	1	33,0	34,0	33,5	22,0	21,2	21,6
	2	32,6	33,6	33,1	22,1	21,3	21,7
	3	32,0	32,8	32,4	22,2	21,4	21,8
Росаферт 18-18-18 + мікро	1	32,4	33,2	32,8	22,3	21,5	21,9
	2	32,1	32,9	32,5	22,4	21,6	22,0
	3	31,5	32,3	31,9	22,5	21,7	22,1

Примітка: 1 – фаза першого справжнього листка; 2 – фаза першого трійчастого листка; 3 – початок бутонізації.

Спектральний склад світла — один із тих факторів, які непомітно, але доволі сильно впливають на якість насіння. Коли в освітленні переважає синьо-фіолетова частина спектра, культура формує насіння з вищим вмістом

білка; натомість інтенсивне пряме сонячне світло стимулює накопичення олії. Але світло — лише частина набагато складнішої системи. Якість насіння завжди визначається поєднанням живлення, особливостей ґрунтів, рівнем агротехніки та тим, у які погодні «вікна» припадають ключові фази розвитку.

Для сої, яка водночас є і білковою, і олійною культурою, характерний природний «обмін» між цими двома складовими: підсилення одного компонента часто відбувається за рахунок іншого. Тому нерідко неможливо одним агрономічним прийомом одночасно істотно збільшити і білок, і жир — межі задають генетичні особливості сорту та конкретні погодні умови сезону.

Відомо, що вирішальними для формування якості є не стільки загальні умови року, скільки те, як саме проходить період від бутонізації до наливу насіння. У цей час змінюється напрямок руху пластичних речовин, і саме тоді закладається майбутній баланс білка й жиру. Якщо ця фаза припадає на стреси, культура вже не здатна повністю компенсувати втрати, навіть якщо попередні етапи розвитку проходили в сприятливих умовах.

У наших дослідженнях 2024–2025 рр., що відбувалися у двох надзвичайно посушливих сезонах, ми оцінювали не лише врожайність сортів Ментор і Галіція, а й якість насіння після фоліарної обробки добривами, що містили макро- та мікроелементи. Хімічний аналіз переконливо показав: і склад добрива, і строк його внесення відчутно змінювали вміст білка та жиру.

Реакція сортів була передбачуваною: Ментор стабільно формував насіння з вищою часткою білка, тоді як Галіція мала кращу олійність. Підживлення, особливо препарати на основі молібдену й кобальту, помітно збільшували білковість обох сортів — закономірний ефект, адже саме ці елементи активують роботу бульбочкових бактерій та підсилюють азотфіксацію. Найвищі значення білка ми зафіксували після внесення Квантум Молібден + Кобальт у фазі примордіального листка — причому ефект найбільш проявився в екстремально сухому 2025 році.

Комплекс Росаферт 18-18-18 + мікро діяв інакше: він дещо знижував вміст білка, але водночас посилював синтез олії, що цілком логічно, зважаючи на високий вміст легкодоступних фосфору та калію. Коректор Квантум Бор Актив проявив себе «середньо»: покращував загальний стан рослин і частково впливав на якість, але не так яскраво, як молібденові комплекси.

Погодні контрасти двох років чітко підтвердили класичну закономірність: у катастрофічно сухому 2025 році вміст білка був максимальним; у менш жорсткому, хоч і все ще засушливому 2024 році частка олії була вищою; обидва сезони давали насіння з підвищеною білковістю порівняно з вологими роками.

Таким чином, отримані результати дозволяють зробити два важливі висновки. По-перше, Ментор краще зберігає білковість навіть у стресових умовах. По-друге, Галіція демонструє вищу олійність. Фоліарні підживлення помітно зміщують баланс, і найсильніший ефект спостерігається тоді, коли обробка проводиться у фазі примордіального листка — саме в цей момент культура найчутливіша до корекції живлення і формує основу майбутньої біохімії насіння.

РОЗДІЛ 5. ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

Сільське господарство сьогодні — це жива й мінлива система, у якій щороку оновлюються сорти культур, техніка, добрива, засоби захисту та навіть самі агрокліматичні умови. На цьому тлі соя залишається однією з найбільш економічно вигідних культур: її площі зростають тому, що вона поєднує високу рентабельність, широку універсальність переробки та стабільний попит з боку тваринництва й харчової промисловості.

Економічні розрахунки переконливо свідчать: за врожайності близько 1,5 т/га господарства отримують понад 100 % рентабельності. Навіть за значно нижчих показників — на рівні 0,5–0,6 т/га — культура впевнено окупає виробничі витрати. У країнах, де соя є стратегічною культурою, прибуток з 1 гектара сої часто прирівнюють до доходу, який отримують із двох гектарів кукурудзи або майже двох з половиною гектарів пшениці. Саме тому соя залишається фінансово стійкою навіть у посушливих регіонах і за зниженої врожайності.

Водночас економічні показники не можна переносити автоматично з одного регіону на інший. Ефективність виробництва сої формується з цілої низки чинників: природно-кліматичних умов, рівня технології, місця у сівозміні, забезпеченості технікою та можливостей післязбиральної доробки. Для Північного Степу вирішальними є адаптація технології до дефіциту вологи, раціональне живлення та добір сортів, здатних стабільно працювати за високих температур і нерівномірного розподілу опадів.

У світовому масштабі роль сої продовжує зростати. Держави з розвиненим аграрним сектором стрімко нарощують виробництво рослинних білків, і соя стала центральною культурою цього тренду. Вона є основою високобілкових кормів для інтенсивного тваринництва, насамперед птахівництва. Одночасно зростає попит на її продукти й у харчовій

промисловості — це відповідає глобальній зміні раціону в бік збільшення частки рослинного білка.

Таким чином, соя — це не просто черговий елемент сівозміни, а стратегічна культура, здатна забезпечувати стабільний дохід навіть у складних кліматичних умовах. Для господарств Північного Степу вона стає однією з найбільш економічно надійних ніш. Узагальнені результати наведено в таблиці 13.

13. Економічна ефективність сортів сої в досліді, середнє 2024-2025 рр (ціна реалізації 17000 грн/т)

Варіант	Строк внесення	Урожайність, т/га	Вартість продукції, грн/га	Витрати, грн/га	Прибуток, грн/га	Рентабельність, %
Сорт Ментор						
Контроль	-	1,45	24650	16000	8650	54,1
Квантум Бор Актив	1	1,75	29750	16700	13050	78,1
Росаферт 18-18-18 + мікро	1	1,72	29240	16700	12540	75,1
Сорт Галіція						
Контроль	-	1,62	27540	16000	11540	72,1
Квантум Бор Актив	1	1,98	33660	16700	16960	101,5
	3	2,02	34340	16700	17640	105,6

Примітка: 1 – фаза першого справжнього листка; 3 – початок бутонізації.

Узагальнюючи дані таблиці, можна відзначити, що фоліарні підживлення суттєво підвищували економічну віддачу обох сортів, але найбільш виграшно реагував саме сорт Галіція. Навіть на контролі він забезпечував 72,1 % рентабельності — проти 54,1 % у Ментора. Найвищі показники отримано при внесенні Квантум Бор Актив: у Ментора рентабельність зростала до 78,1 %, тоді як у Галіції — до 105,6 %, що є найкращим результатом у досліді. Таким чином, найбільш економічно ефективним варіантом виявилася Галіція + Квантум Бор Актив (фаза 3), який забезпечив максимальний прибуток (17640 грн/га) та перевищив 100-відсотковий рівень рентабельності.

РОЗДІЛ 6. ОХОРОНА ПРАЦІ

6.1 Дослідження стану безпеки праці в ТОВ «Агрополіус-Дніпро»

Відповідальність за дотримання вимог охорони праці в господарстві покладена на директора, який формує загальну систему безпеки та координує роботу підрозділів. Поточний контроль здійснює головний інженер: він проводить інструктажі, стежить за технічним станом обладнання й організовує профілактичні заходи щодо запобігання травматизму.

У господарстві діє налагоджена система навчання: працівники проходять вступні, первинні та повторні інструктажі, зокрема з безпечної роботи з технікою, добривами й засобами захисту рослин. Усі забезпечені необхідними засобами індивідуального захисту, а знання правил безпеки регулярно перевіряються.

Документація ведеться відповідно до нормативів, для кожної ділянки діють затверджені інструкції. Машини й агрегати утримуються у справному стані, оснащені засобами пожежогасіння. Головний інженер регулярно проводить огляди як на полі, так і в майстернях, що забезпечує стабільно безпечні умови праці — обов'язкову ознаку відповідального сучасного виробництва.

6.2 Аналіз виробничого травматизму та захворювань, причини їх виникнення.

Виробничий травматизм у рослинництві зумовлений технічними, організаційними та людськими чинниками, тому потребує постійної профілактики. Нещасні випадки найчастіше трапляються через порушення правил експлуатації техніки, роботу з несправним обладнанням або нехтування регламентом обслуговування. Найбільшу небезпеку становлять

контакти з рухомими частинами машин і використання інструментів без засобів захисту.

Виробниче середовище також впливає на рівень травматизму: погане освітлення, вентиляція, підвищена запиленість чи вологість збільшують ризики, особливо при роботі з пестицидами й агрохімікатами. Важливим чинником залишається людська недисциплінованість і недостатня підготовка персоналу.

Для запобігання травмам у господарстві діє система профілактичних заходів. Регулярно проводиться технічне обслуговування тракторів, комбайнів та іншої техніки, перевіряються гальмівні системи, електрообладнання та засоби пожежогасіння. Сезонні огляди агрегатів фіксуються у відповідних журналах.

Працівники проходять вступний, первинний і повторний інструктажі з охорони праці та безпечного поводження з хімічними засобами. Для механізаторів та водіїв організуються додаткові навчання й перевірки знань.

Умови праці поступово вдосконалюються: виробничі дільниці мають належне освітлення й вентиляцію, проводиться очищення приміщень, персонал забезпечений спецодягом, респіраторами та іншими засобами індивідуального захисту. Пестициди та ПММ зберігаються у спеціально обладнаних приміщеннях.

Завдяки системному контролю рівень травматизму зменшився, а дисципліна праці зміцнилася. Показники безпеки в ТОВ «Агрополюс-Дніпро» за 2023–2025 роки наведено в таблиці 14.

14. Аналіз показників виробничого травматизму в ТОВ «Агрополіс-Дніпро»

Показники	Роки (останні 3 роки)		
	2023	2024	2025
Чисельність робітників	23	22	21
Чисельність нещасних випадків	1	2	2
Кількість днів непрацездатності: від травматизму	25	42	54
- від захворювань	27	11	23
Витрати, тис. грн. стосовно:			
- виробничого травматизму	45	32	54
- профзахворювань	2,7	4,9	7,6
Коефіцієнт частоти травматизму	42,21	62,13	57,22
Коефіцієнт важкості травматизму	0	0	0
Коефіцієнт втрат робочого часу	48,2	71,9	80,7

З огляду на наявні ризики, у господарстві особливу увагу приділяють забезпеченню безпеки безпосередньо на робочих місцях. Насамперед це стосується регулярного навчання працівників правильній роботі з технікою та інструментами, а також обов'язкового дотримання встановлених правил охорони праці. Послідовне виконання цих вимог дає змогу знизити рівень травматизму і підтримувати стабільно безпечні умови виробництва.

6.3. Загальні вимоги до безпечних умов праці

Під час позакореневого підживлення сої основною вимогою є суворе дотримання правил безпеки при роботі з мікродобривами та обприскувальною технікою. Усі операції виконують у безвітряну або маловітряну погоду, щоб уникнути знесення робочого розчину на суміжні ділянки та забезпечити рівномірне нанесення препарату. Перед початком робіт працівник зобов'язаний перевірити технічний стан обприскувача:

справність насосів, форсунок, шлангів і герметичність усіх з'єднань. Заправлення машини проводять на спеціально відведеному майданчику, використовуючи засоби індивідуального захисту — рукавиці, окуляри, захисний одяг та респіратор.

Не менш важливими є правила поводження з препаратами. Відмірювання та змішування мікродобрив здійснюють у добре вентиляваному приміщенні або під навісом, не допускаючи контакту робочих розчинів із відкритою шкірою чи сторонніми предметами. Заборонено приймати їжу, пити або палити під час роботи з хімічними речовинами. Після завершення підживлення техніку ретельно промивають, а місце заправлення очищають від залишків препаратів. Дотримання цих вимог забезпечує безпечну роботу персоналу, зменшує ризик отруєнь і сприяє підтриманню належної санітарно-гігієнічної культури на виробництві.

6.4 Заходи з покращення безпеки праці в господарстві

Після детального аналізу стану охорони праці у господарстві встановлено, що, попри загально упорядковану систему безпеки, окремі напрями потребують подальшого доопрацювання. Найбільш відчутним недоліком залишається неповне забезпечення працівників спеціальним одягом і взуттям. Наявні засоби індивідуального захисту якісні й перебувають у доброму стані, однак їх кількість не завжди відповідає реальним потребам, особливо у період напружених сезонних робіт, коли одночасно задіюється значно більше людей. Це питання має і практичне, і соціальне значення, адже рівень оснащення безпосередньо впливає на комфорт, безпеку та дисципліну праці в полі та на виробничих ділянках.

Водночас варто підкреслити, що керівництво господарства займає відповідальну позицію щодо дотримання вимог охорони праці й забезпечує фінансування необхідних заходів у повному обсязі. Працівники не несуть

жодних витрат, пов'язаних із придбанням спецодягу, захисних засобів, проходженням навчання або інструктажів. У господарстві діє налагоджена система контролю: ведеться документація, проводяться регулярні перевірки технічного стану обладнання та робочих місць, здійснюється плановий інструктаж персоналу.

Разом із тим ефективність цієї системи значною мірою залежить від постійності та передбачуваності фінансування. Для подальшого поліпшення умов праці необхідно планово оновлювати спецодяг, посилювати захист працівників, модернізувати техніку й робочі майданчики, приділяти увагу якісному освітленню, вентиляції та побутовим умовам. Доцільним є також впровадження сучасних технологій моніторингу ризиків, що дають змогу вчасно реагувати на можливі небезпечні ситуації та попереджати їх.

У підсумку головним завданням найближчих років є не просто підтримання існуючого рівня безпеки, а його подальше посилення — шляхом системного фінансування, підвищення культури безпечної поведінки працівників і розвитку превентивних заходів, які гарантують стабільну та безпечну роботу господарства.

ВИСНОВКИ І РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

1. Найбільший вплив на формування листкової поверхні та всіх основних фотосинтетичних показників мали саме ранні підживлення — у фазу першого справжнього листка. У цей період рослина реагувала найповніше: листкова поверхня зростала на 25–40 %, фотосинтетичний потенціал підвищувався на 20–33 %, а накопичення сухої речовини було більшим на 8–15 % порівняно з контролем.

2. Сорт Галіція проявив себе стійкішим і врожайнішим у складних умовах Степу: його середня врожайність була вищою за Ментор на 0,15–0,25 т/га, а маса 1000 насінин більша на 15–20 г, що свідчить про кращу адаптаційну здатність сорту.

3. Серед усіх препаратів найяскравіше «спрацював» Квантум Бор Актив: він забезпечував приріст урожайності на 0,30 т/га у Ментора і 0,36–0,40 т/га у Галіції, суттєво покращуючи зав'язування бобів навіть у посуху.

4. Комплексне добриво Росаферт 18-18-18 + мікро стабільно підсилювало роботу посівів, збільшуючи листковий апарат на 30–45 % у критичні фази та додаючи 0,23–0,33 т/га урожаю, що підтвердило його роль як базового інструменту в умовах вологодефіциту.

5. Молібденові препарати (Амоній молібдат, Квантум Молібден + Кобальт) давали помірний, але стійкий результат: урожайність зростала на 0,06–0,17 т/га, а вміст білка — на 1,5–3,0 %, що важливо для формування високобілкового насіння.

6. Найчутливішим елементом структури врожаю виявилася кількість бобів: за ранніх підживлень цей показник зростав на 15–21 % у Ментора та на 7–13 % у Галіції, що визначило основну частину прибавки врожаю.

7. Маса 1000 насінин збільшувалася у всіх варіантах підживлень, найбільше — на 5–12 г за дії молібдену та бору; це особливо важливо для формування товарної якості врожаю в посушливі роки.

8. Погодні умови по-різному впливали на якість насіння: у критично посушливому 2025 році частка білка зростала на 1,0–1,8 %, тоді як вміст жиру знижувався на 0,4–0,8 %, повторюючи класичну реакцію сої на стрес тепла й вологи.

9. Сорт Галіція виявився економічно вигіднішим: навіть без підживлень він забезпечив 72,1 % рентабельності, що на 18 % вище за Ментор; за застосування підживлень перевага лише збільшувалася.

10. Найкращий економічний результат дав варіант Галіція + Квантум Бор Актив (фаза 3): прибуток склав 17640 грн/га, а рентабельність перевищила 100 %, що робить цей варіант найбільш доцільним для виробничого впровадження.

Для підвищення продуктивності сої у виробничих умовах доцільно робити акцент на ранніх фоліарних підживленнях у фазі першого справжнього листка, оскільки саме вони забезпечують найкращу реакцію культури в посушливому Степу; на практиці варто віддавати перевагу комплексним добривам Росаферт 18-18-18 + мікро та Квантум Бор Актив, які демонструють стабільний приріст урожайності й високу рентабельність; у господарствах із жорстким дефіцитом вологи доцільніше висівати сорт Ментор, а на полях зі збереженою вологістю — Галіцію, обов'язково включаючи корекцію молібденового живлення для підтримки роботи бульбочкових бактерій

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Міністерство аграрної політики та продовольства України. Оперативні показники виробництва та експорту олійних культур у 2023–2024 рр. — Київ : МАППУ, 2024. — 47 с.
2. Державна служба статистики України. Сільське господарство України 2024 : статистичний збірник. — Київ : Держстат України, 2024. — 320 с.
3. Головне управління статистики у Дніпропетровській області. Сільське господарство Дніпропетровщини. — Дніпро : Облстат, 2024. — 102 с.
4. Агафонов О.М., Шабля О.Г., Мухіна О.В. Підвищення продуктивності сої при використанні ризобіальних препаратів та стимуляторів росту в умовах зони нестійкого зволоження на чорноземі звичайному. - Херсон: АГРУС, 2019. - 136 с.
5. Агротехнічні та економічні показники прийомів вирощування сої у короткоротаційних сівоzmінах та монокультурі / О.М. Гайдученко, М.В. Токмач, В.Т. Синегівська // Вісник Вінницького державного аграрного університету. - 2004. - № 10 (120). – С. 5–9.
6. Бабич А. О. Сучасне виробництво та використання сої / А. О. Бабіч. - К.: Урожай, 1993. - 432 с
7. Бабич А. О. Соя для здоров'я та життя на планеті Земля / А. О. Бабіч. - К.: Аграрна наука, 1998. - 272 с.
8. Балакай Г.С., Балакай М.І. Науково обґрунтовані технології роблять виробництво сої вигідним // Землеробство. – 2010. – № 3. – С. 16–18.
9. Василько А.Г. Порівняльна оцінка розмірів симбіотичної азотфіксації зернобобових культур // Землеробство. – 2014. – № 4. – С. 8–11.

10. Гайсін І.А., Батігова Р.М., Харнак Р.Р. Мікродобрива в сучасному землеробстві // Агрохімічний вісник. – 2010. – № 4. – С. 13–15.
11. Глянько О.К., Іщенко О.О., Мітанова Н.Б., Васильєва Г.Г. НАДФН-оксидаза рослин // Вісник Харківського нац. аграр. ун-ту. Серія Біологія. - 2009. - № 2 (17). – С. 3–17.
12. Головіна Є.В., Зелень О.А., Беляєва Р.В. Фізіологічні механізми формування продуктивності та адаптивності у сортів сої в контрастних метеорологічних умовах // Землеробство. – 2009. – № 4. – С. 29–32.
13. Гура Г.П., Васильків А.Г. Порівняльне вивчення симбіотичної азотфіксації у гороху та сої // Землеробство. – 2016. – № 5. – С. 17–19.
14. Дозоров А.В., Воронін А.В. Динаміка азоту в рослинах, врожайність та якість насіння сортів сої // Міжнародний сільськогосподарський журнал. – 2014. – № 5. – С. 45–47.
15. Душко О.С., Малашонок О.О. Фотосинтетична активність сої під час використання різних гербіцидів та їх економічна ефективність // Землеробство. – 2012. – № 3. – С. 12–13.
16. Записоцький Д.М., Борчук А.Я. Фотосинтетична діяльність рослин сої залежно від застосування у технології її вирощування регуляторів росту // Агроном. - 2018. - № 6 (105). – С. 26–28.
17. Козинцев В.П., Кузнецов А.І. Вплив некореневого внесення мікродобрив марки ЖУСС на формування бульб і врожайність сої // Вісник Херсонського ДАУ. - 2010. - № 3 (17). - С. 120-123.
18. Кірюшин В.І. Мінеральні добрива як ключовий чинник розвитку сільського господарства та оптимізації природокористування // Досягнення науки та техніки АПК. – 2016. – № 3. – С. 19–25.
19. Косевич С.В., Осокін О.І. Застосування бору та молібдену на посівах сої // Олійні культури. - 2008. - № 2 (139). – С. 65–68.

20. Котляров Є.К., Гріцина В.С. Фотосинтетична діяльність сортів сої залежно від рівня удобрення // *Агроном.* - 2021. - № 2. - С. 25-32.
21. Кузмук Ю.В., Петро С.М. Управління біологічним потенціалом агроценозів бобових культур як фактор ресурсозбереження та стійкості рослинництва // *Зернобобові та круп'яні культури.* – 2013. – № 4. – С. 43–48.
22. Книш О.М. Агроекологічне вивчення сортів сої та вдосконалення технології їх вирощування // *Пропозиція.* – 2015. –№1 (34). – С. 14–19.
23. Литвин П.А. Азотфіксація та продуктивність сортів гороху та сої залежно від джерела азотного живлення // *Вісник ВДАУ.* - 2007. - № 9. - С. 27-34.
24. Мінченко С.М. Вплив мікроелементних добрив, що містять бір, на врожайність та якість зерна сої в умовах чорноземних ґрунтів Кіровоградської області // *Агроном.* – 2019. – № 9. – С. 59–64.
25. Мурашко А.А., Демідова А.Г. Урожай та якість насіння сортів сої в Лісостепу на різноудобрених фонах // *Землеробство.* - 2018. - № 3. - С. 22-25.
26. Новікова Н.Є. Фізіологічне обґрунтування листового підживлення для оптимізації живлення зернових бобових культур в онтогенезі рослин (огляд) // *Зерно.* - 2018. - № 1 (25). - С. 60-67.
27. Парахін Н.В., Осін А.А., Донська М.В. Підвищення продуктивності та якості насіння сої за рахунок інтенсифікації азотфіксації // *Сільськогосподарська біологія.* – 2004. – № 2. – С. 118–122.
28. Пиріг Г.В., Лапа В.В., Сороко В.І. Застосування добрив рідких комплексних із хелатними формами мікроелементів під сільськогосподарські культури: рекомендації. - Вінниця, 2010. - 40 с.
29. Семененко М.І. Інноваційні технології застосування азотних добрив: теорія, методологія, практика. - Рівне: Альфа, 2010. - 320 с.

30. Сидоренко О.С. Перспективи використання біологічних препаратів з мікроорганізмів // Пропозиція. – 2012. – № 6. – С. 70–79.
31. Синегівська В.Т., Гайдученко О.М. Вплив прийомів агротехніки на продуктивність сої // Землеробство. - 2010. - № 5. - С. 27-29.
32. Тишко Н.М. Продуктивність сої при некореновому підживленні рослин мікродобривами та обробці регуляторами росту на чорноземі вилуженому // Олійні культури. - 2007. - № 2 (137). - С. 91-97.
33. Трач І.В. Вплив позакоренових підживлень на врожайність сортів сої в умовах західного лісостепу України // Зернобобові та круп'яні культури. - 2014. - № 2 (10). – С. 39–44.
34. Хижняк Р.М. Молібден у орних чорноземах Харківської області // Досягнення науки й техніки АПК. – 2013. – № 8. – С. 36–37.
35. Шаповал О.А., Можарова І.П., Коршунов А.А. Регулятори росту рослин в агротехнологіях // Захист та карантин рослин. – 2014. – № 6. – С. 16–20.