

Центральноукраїнський національний технічний університет
Агротехнічний факультет
Кафедра загального землеробства

«Допущено до захисту»
Зав. кафедрою загального
землеробства, к.б.н., професор
_____ Микола Мостіпан
«__»_____ 2025 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

за другим (магістерським) рівнем вищої освіти

на тему:

Вплив добрив на продуктивність сої в умовах Степу України

Виконав здобувач вищої освіти
II курсу, групи АГ-24-М-1
ОПП «Агрономія»
спеціальності 201«Агрономія»
_____ Олександр Лисенко
«__»_____ 2025 р.

Керівник, доцент, к.с.-г.н.
_____ Тамара Шепілова
«__»_____ 2025 р.

Рецензент
_____ доцент, к.б.н. Ольга Медведєва
«__»_____ 2025 р.

м. Кропивницький

Центральноукраїнський національний технічний університет

Агротехнічний факультет
Кафедра загального землеробства
Рівень вищої освіти: другий (магістерський)
Галузь знань: 20 Аграрні науки та продовольство
Спеціальність: 201-Агрономія
Освітньо-професійна програма: Агрономія

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри загального
землеробства

“ _____ ” _____ 2025 року

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗА ДРУГИМ (МАГІСТЕРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Олександрю Лисенку

1. Тема роботи Вплив добрив на продуктивність сої в умовах Степу України
2. Керівник роботи Шепілова Т.П., кандидат с.-г. наук, доцент затверджений наказом ЦНТУ «22» вересня 2025 року № 66-13
3. Строк подання роботи до захисту _____
4. Мета та завдання кваліфікаційної роботи. Встановити ефективність застосування фосфорно-калійних добрив, інокуляції та підживлення посівів для сорту сої Золушка.

Завдання:

- вивчити вплив добрив на польову схожість насіння та густоту стояння рослин;
- визначити масу рослин, площу листової поверхні та симбіотичну активність сої залежно від дії добрив;
- встановити вплив добрив на формування елементів структури врожаю;

– визначити урожайність та економічну ефективність вирощування сої залежно від дії добрив.

5. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Економічне обґрунтування результатів досліджень	Малаховська В.О., викладач		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів випускної кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Розділ 1. Огляд літератури Розділ 2. Охорона праці та довкілля	14.10.2025 р.	
2.	Розділ 2. Місце та умови проведення досліджень	21.10.2025 р.	
3.	Розділ 3. Спеціальна частина	17.11.2025 р.	
4.	Розділ 4. Економічне обґрунтування результатів досліджень	24.11.2025 р.	
5.	Висновки, список літератури, вступ	27.11.2025 р.	

Дата видачі завдання

« ___ » _____ 2025 р.

Підпис керівника

_____ Тамара Шепілова

Завдання прийнято до виконання

« ___ » _____ 2025 р.

Підпис здобувача

_____ Олександр Лисенко

ВСТУП.....	
РОЗДІЛ 1. РОЛЬ ДОБРИВ У ЗАБЕЗПЕЧЕННІ ВИСОКОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ СОЇ (Огляд літератури).....	
1.1. Агронімічне та екологічне значення вирощування сої.....	
1.2. Оптиміальне застосування добрив для вирощування сої.....	
РОЗДІЛ 2. МІСЦЕ ТА УМОВИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	
2.1. Організаційно-економічні умови господарства.....	
2.2. Ґрунтово-кліматичні та погодні умови господарства.....	
РОЗДІЛ 3. ВИВЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ФОСФОРНО-КАЛІЙНИХ ДОБРИВ ТА ІНОКУЛЯЦІЇ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ СОЇ.....	
3.1. Методика досліджень.....	
3.2. Ефективність добрив та інокуляції у підвищенні врожайності сої: аналіз результатів.....	
3.2.1. Результати фенологічних спостережень.....	
3.2.2. Залежність густоти рослин сої від застосування добрив і біопрепарату.....	
3.2.3. Особливості біометричних параметрів сої залежно від добрив та інокуляції.....	
3.2.4. Вплив добрив та інокуляції на структуру врожаю сої.....	
3.2.5. Комплексна дія живлення та інокуляції на формування врожайності сої.....	
РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ЗАСТОСУВАННЯ ДОБРИВ.....	
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ДОВКІЛЛЯ ПРИ ЗАСТОСУВАННІ ДОБРИВ.....	
5.1. Техніка безпеки при застосуванні добрив.....	
5.2. Охорона довкілля при застосуванні добрив.....	

ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ.....

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....

ДОДАТКИ.....

ВСТУП

Актуальність теми. Соя є ключовою агрокультурою для України, займаючи значні посівні площі та забезпечуючи великі обсяги виробництва. Однак, в реальних виробничих умовах фактична врожайність часто залишається низькою. Це явище пояснюється цілою низкою факторів, зокрема обмеженим або незбалансованим внесенням мінеральних добрив та недостатнім позакореневим підживленням посівів. Така ситуація стримує повне розкриття генетичного потенціалу сучасних сортів.

Ефективність удобрення сої суттєво залежить від комплексу взаємопов'язаних факторів, серед яких ключову роль відіграють: забезпеченість ґрунту доступними формами фосфору та калію, наявність та активність бульбочкових бактерій, що визначає ефективність біологічної фіксації атмосферного азоту, а також агрокліматичні умови (температурний режим та рівень зволоження), що безпосередньо впливають на засвоєння елементів живлення та процеси азотфіксації. Важливе значення мають продуктивність обраного сорту та оптимальне поєднання інших агротехнічних прийомів. Одним із вирішальних чинників, що стримує повне розкриття генетичного потенціалу високопродуктивних сортів сої в Україні, є недостатня якість та нерегулярність позакореневого живлення, особливо у критичні фази – інтенсивний вегетативний ріст та безпосереднє формування врожаю.

Тому, вивчення впливу добрив та інокуляції на ріст і розвиток рослин сої в конкретних ґрунтово-кліматичних умовах є актуальним і важливим питанням.

Зв'язок роботи з науковими програмами. Напрямок наукових досліджень є складовою частиною теми наукової роботи керівника кваліфікаційної роботи: «Вплив агротехнічних прийомів вирощування на продуктивність сої в умовах північного Степу України».

Мета та завдання досліджень. Мета досліджень – встановити ефективність застосування фосфорно-калійних добрив, інокуляції та підживлення посівів для сорту сої Золушка.

Для реалізації цієї мети необхідно було вирішити такі завдання:

- вивчити вплив добрив на польову схожість насіння та густоту стояння рослин;
- визначити масу рослин, площу листкової поверхні та симбіотичну активність сої залежно від дії добрив;
- встановити вплив добрив на формування елементів структури врожаю;
- визначити урожайність та економічну ефективність вирощування сої залежно від дії добрив.

Об'єкт досліджень – особливості росту і розвитку, формування продуктивності сої залежно від застосування добрив.

Предмет досліджень – сорт сої Золушка.

Наукова новизна отриманих результатів. Вперше в умовах Степу України для сорту сої Золушка визначено ефективність застосування фосфорно-калійних добрив, інокуляції та підживлення посівів. Досліджено схожість насіння, виживання рослин, особливості росту і розвитку рослин, біометричні показники, кількість бульбочок, формування елементів структури врожаю. Обґрунтована економічна доцільність рекомендованих прийомів.

Практичне значення отриманих результатів. Результати досліджень мають практичне значення для господарств, що займаються вирощуванням сої на товарні та насіннєві цілі.

Отримані результати досліджень дозволили автору роботи рекомендувати для умов Степу України проводити комплексне удобрення сої сорту Золушка мінеральним добривом (P₄₀K₄₀), інокулянтом Ризоактив та підживлення посівів препаратом Наніт Біо, що забезпечить вищу урожайність 16,7 ц/га та прибавку врожаю 2,8 ц/га (20,1%).

Особистий внесок здобувача в наукові дослідження. Автор кваліфікаційної роботи приймав безпосередню участь у плануванні досліджень, розробці схеми польових дослідів, складанні програми досліджень, проведенні обліків та спостережень, аналізі отриманих результатів та написанні роботи.

Апробація результатів досліджень. Результати досліджень оприлюднювалися на VI Міжнародній конференції «Інновації: теорія і практика» Академії прикладних наук, м. Кропивницький, 17 листопада 2025 року.

Публікації. Результати досліджень опубліковані у матеріалах VI Міжнародної конференції «Інновації: теорія і практика» Академії прикладних наук, на тему: «Вплив добрив на продуктивність сої в умовах Степу України» (м. Кропивницький: АПН, 2025 р.).

РОЗДІЛ 1. РОЛЬ ДОБРИВ У ЗАБЕЗПЕЧЕННІ ВИСОКОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ СОЇ (Огляд літератури)

1.1. Агрономічне та екологічне значення вирощування сої

Соя (*Glycine max*) являє собою стратегічний ресурс, цінність якого охоплює економічні, екологічні та соціальні аспекти, роблячи її незамінною культурою сучасного сталого розвитку.

Ця культура є винятковим резервом високоякісного білка. Насіння її містить важливий набір незамінних амінокислот для харчування людини та сільськогосподарського тваринництва. Соеві продукти застосовуються у виробництві багатьох продуктів харчування, а також у кормах, сприяючи ефективному перетворенню рослинної біомаси на високоцінні продукти [1-3].

У харчовій промисловості соєва олія використовується як самостійний продукт, або у складі маргаринів, майонезів та інших продуктів. У промисловості вона застосовується для виробництва біодизелю, лаків, фарб, демонструючи свій значний промисловий потенціал [4, 5].

Екологічна цінність сої визначається тим, що будучи азотфіксуючою культурою, завдяки симбіозу з бульбочковими бактеріями, вона засвоює атмосферний азот і збагачує родючість ґрунту. Ця особливість дозволяє зменшити дози хімічних азотних добрив та сприяє зниженню шкідливого навантаження на довкілля, зменшуючи викиди парникових газів та забруднення водних ресурсів. Включення сої у сівозміни господарств сприятливо діє на структуру ґрунту, його родючість, біологічну активність та створює кращі умови для росту інших культур.

В цілому, розвиток соєвого виробництва сприяє стабільному доходу аграрних підприємств та різноманітності раціону харчування різних груп населення [6-8].

У світовому виробництві соя має значну частку після пшениці і кукурудзи. Основні країни що вирощують сою це США, Бразилія, Аргентина і Китай. Найбільшим імпортером сої є Китай. Аргентина найбільше експортує соєвого шроту, Бразилія – неперероблене зерно сої. Світове виробництво сої у 2023 році становило 365 млн. тон [9].

Україна є найбільшим виробником сої у Європі. Загальний обсяг врожаю з 2010 до 2022 року збільшився від 1680 до 3740 тис. т [10, 11].

Вибір сорту сої залежить від строків його досягання. Пізньостиглі сорти як правило є більш продуктивні. Слід обирати сорти стійкі до осипання зерна і вилягання, що мають міцне прямостояче стебло [12, 13].

Норми висіву залежать від району вирощування. На півдні в посушливих умовах для збільшення врожаю слід зменшувати норму висіву сої. У вологих районах норму висіву підвищують [14, 15].

1.2. Оптимальне застосування добрив для вирощування сої

У сої відмічається неоднорідне поглинання поживних речовин протягом росту. Від початку росту до цвітіння вона засвоює незначну частину елементів живлення, основна частка поглинається під час утворення та досягання насіння. Ряд досліджень підтверджують вплив азотних добрив на збільшення виходу білку. Надмірне живлення азотом затягує період вегетації, що недопустимо коли соя є попередником озимої пшениці. Більшість вчених зазначають, що під сою не слід вносити високі дози мінерального азоту. Азотфіксуючі бактерії мають кращий розвиток на коренях сої без застосування мінерального азоту. Навіть в малих дозах внесений при сівбі азот спричиняє пригнічення розвитку бульбочок. Протягом вегетації сої аналіз розвитку бульбочок дає можливість визначити потребу в додатковому азотному живленні. Соя краще росте при нейтральній реакції ґрунтового розчину [16-19].

Достатнє фосфорне живлення сої забезпечує активний розвиток кореневої системи, покращує водний баланс рослин, поглинання води з нижніх шарів ґрунту, утворення більшої кількості генеративних органів [20-22].

Калій бере участь у переносі асимілянтів, підвищує інтенсивність фотосинтезу, сприяє утворенню бульбочок сої [23, 24].

Сірка не фіксується ґрунтовими елементами, пересуваючись вниз по ґрунтовому профілю, тому важливим є позакореневе щорічне підживлення посівів сої. Дефіцит сірки послаблює засвоєння соєю азоту. Сірка сприяє збільшенню вмісту олії [25].

Кальцій потрібний для росту всіх надземних органів та кореневої системи сої, зокрема збільшує число корневих волосків та поглинаючу здатність, поліпшує синтез хлорофілу. Достатнє забезпечення кальцієм збільшує стійкість до вилягання, посухи, ураження хворобами [21, 26].

Магній важливий елемент для процесу фотосинтезу та приймає участь у фіксації азоту соєю. Для сої потрібне як основне удобрення та підживлення. Прояв дефіциту магнію важко помітити, він проявляється лише при значній нестачі і виявляється при хімічному аналізі ґрунту, тоді як у рослин відмічається падіння врожаю та гірша якість зерна [22, 25].

За результатами досліджень Львівського аграрного університету внесення фосфорно-калійних добрив мало більший вплив на урожайність сої, ніж азотні добрива. Різниця до контролю без добрив була 0,7-0,8 т/га [15, 23].

Біологічний азот, що залишає соя в ґрунті використовується наступними культурами майже повністю, тоді як мінеральний азот на 50%. Соя позитивно реагує на органічні та мінеральні добрива, ґрунтове та позакореневе підживлення. Фосфорно-калійні добрива впливають на вихід олії.

Дослідження В. В. Лихочвор та ін. [27] проведені в умовах західного Лісостепу України свідчать, що найбільша виживаність рослин на рівні

90,2% (перевищення до контролю 8,0%) була на високому фоні живлення при застосуванні NPK (90 кг/га) та подвійного підживлення посівів препаратом Еколист Стандарт. При достатньому живленні рослини сої є більш стійкими до несприятливих умов. Найбільша площа листкової поверхні фіксувалась під час цвітіння за максимального внесення добрив, фотосинтетичний потенціал становив 2,8 млн м²/га * добу. Чиста продуктивність фотосинтезу була вищою у період сходи-бутонізація 6,2 г/м². Найбільша кількість сухої речовини була на інтенсивному фоні живлення – 17,3 г/рослину. Внесення фосфорно-калійних добрив 30 та 90 кг/га д.р. сприяло збільшенню урожайності на 12 і 26%. Застосування повного мінерального добрива в нормі 90 кг/га збільшувало врожайність на 22,4%. Для засвоєння макроелементів сої потрібен магній та сірка. За сумісного застосування NPK 90 та сірки (S 30) врожайність зростала на 25%. Найбільша врожайність була при комплексному застосуванні NPK 90 та Еколист Стандарт – 31,5 ц/га, що вище контролю на 44%. Внесення азоту сприяло збільшенню білка в насінні на 5,8% до контролю. В даному варіанті азот вносили в амідній та аміачній формі.

За результатами досліджень О.В. Бараболя, М. Ю. Найдьон та ін. [28] проведених протягом 2017-2019 рр. встановлено, що внесення фосфорно-калійних добрив (60 кг/га) під основний обробіток ґрунту сприяло збільшенню висоти рослин у фазі повної стиглості на 2,6 см, висоти прикріплення нижнього бобу – на 0,5 см, кількості бобів – на 3,1 шт., насінин – на 6,9 шт., маси насіння з однієї рослини – на 1,24 г, маси 1000 насінин – на 9,6 г. Урожайність підвищувалась відносно контролю на 1,3-2,8 ц/га залежно від року досліджень, в середньому 2,1 ц/га. Крім того, відмічено підвищення вмісту в насінні білку на 0,8%, тоді як вміст жиру навпаки, знизився на 2,9%. Збір жиру перевищував показник контролю на 0,4 ц/га за рахунок більшого рівня врожайності. Відповідно застосування фосфорно-калійних добрив позитивно впливає на біометричні показники та врожайність сої. Фосфор забезпечує розвиток кореневої системи, активне формування генеративних

органів та підвищує стійкість до стресових умов. Калій важливий елемент у процесі фотосинтезу, транспортуванні поживних речовин, регулюванні водного балансу та підвищенні стійкості до хвороб та шкідників.

Відомо, що застосування мікродобрив на посівах сої у відповідні фази росту дає можливість швидко усунути дефіцит елементів живлення за рахунок додаткового використання мікроелементів. Це забезпечує підвищення імунітету рослин, стійкості до захворювань та стресових ситуацій, посилює ефективність азотфіксації оскільки, мікроелементи є каталізаторами цих процесів. Використання багатокомпонентних листових добрив для підвищення продуктивності сої є перспективним агротехнічним прийомом, що дозволяє оперативно коригувати живлення рослин у критичні фази їх розвитку та на відміну від ґрунтового внесення забезпечує надходження речовин безпосередньо до листового апарату [21].

Використання біопрепаратів для обробки насіння сої забезпечує рослини біологічно доступним і дешевим азотом, тоді як мікродобрива доповнюють фізіологічні процеси росту та сприяють формуванню вищого врожаю. Інокулянти активізують ґрунтову мікрофлору, покращують структуру ґрунту, збільшують його родючість, біологічну активність, посилюють розкладання органічних решток, перетворення їх на доступні елементи живлення [23, 25].

В дослідженнях І. В. Федорчук, В. А. Колодій та Ю. В. Хмелянчишин [29] проведених в умовах Лісостепу західного встановлено, що застосування інокулянтів та мікродобрив реалізують генетичний і сортовий потенціал сої, що важливо за умов недостатнього забезпечення рослин вологою, та стрімкого зростання вартості мінеральних добрив. Виявлено, що застосування інокулянтів ХіСтік та Хай Кот Супер разом з Хай Кот Супер Extender забезпечують збільшення кількості бульбочок на коренях сої у фазу цвітіння відносно контролю на 23,3- 25,8 шт., тоді як при додатковому застосуванні мікродобрив Вуксал Борон та Басфоліар їх число зросло до 44,6 шт., що вище від контролю на 32,5 шт. Мікродобрива Вуксал Борон

застосували у фазі бутонізації сої, а Басфоліар – у фазі наливу бобів, що сприяє засвоєнню основних добрив з ґрунту та підвищує стійкість до посухи і хвороб.

За результатами досліджень В. Г. Дідора та О. С. Ступніцька [30] проведеними в умовах Полісся України встановлено, що висота рослин перед збиранням збільшувалась при застосуванні хелатного добрива Кристалон у фазі бутонізації сої до контрольного варіанту на 4,0 см, інокуляції насіння біопрепаратом Ризогумін – на 5,4 см, застосуванні вказаних препаратів на фоні внесення НРК 60 кг/га (РК під основний обробіток, азот навесні) – на 14,8 см, висота прикріплення нижнього бобу збільшувалась відповідно на 3,5, 0,8 та 2,9 см. Кількість бульбочок при застосуванні Ризогуміну збільшувалась до контролю на 40 шт./рослину, під дією позакореневого підживлення вона зроста на 28 шт., на фоні застосування $N_{60}P_{60}K_{60}$ та препаратів – на 73 шт. Слід відмітити, що застосування $N_{60}P_{60}K_{60}$ без інокуляції та підживлень обумовило формування меншого числа бульбочок – 46 шт./рослину відносно варіанту з інокуляцією – 70 шт./рослину.

Рівень врожайності при застосуванні підживлення посівів мікродобривом збільшувався відносно до контролю на 0,2 т/га, при інокуляції насіння – на 0,4 т/га, $N_{60}P_{60}K_{60}$ без інокуляції та підживлень – на 0,7 т/га, $N_{60}P_{60}K_{60}$ з препаратами – на 1,3 т/га. Отже, внесення мінеральних добрив ($N_{60}P_{60}K_{60}$), проведення інокуляції та позакореневого підживлення посівів не пригнічує азотфіксуючу діяльність бактерій, сприяє формуванню бульбочок в кількості 73 шт. порівняно до фону без добрив.

Отже, вивчення впливу добрив та інокуляції на сою в умовах Степу є критично важливим для оптимізації врожайності та підвищення економічної ефективності соєводства. Це дозволяє визначити оптимальні норми внесення поживних речовин та біологічних препаратів, що сприяє максимальній фіксації атмосферного азоту, покращенню родючості ґрунту та підвищенню якості врожаю сої в регіонах з обмеженими водними ресурсами. Завдяки таким дослідженням аграрії можуть розробляти науково обґрунтовані

стратегії вирощування сої, які є стійкими до кліматичних викликів степової зони та мінімізують негативний вплив на довкілля.

РОЗДІЛ 2. МІСЦЕ ТА УМОВИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

Агрономічні дослідження переконливо доводять, що розвиток культур, їх продуктивність та врожайність безпосередньо залежать від якості ґрунтового-кліматичного середовища та впровадження передових технологій вирощування. Кожен з цих аспектів відіграє ключову роль, а їх гармонійне поєднання є запорукою успішного землеробства. Зокрема, особливості ґрунту та місцевого клімату диктують необхідність адаптації технологічних рішень для досягнення максимальної ефективності.

Продуктивність сої безпосередньо корелює із забезпеченням рослин теплом, вологою, світлом, а також макро- та мікроелементами протягом усього вегетаційного періоду. В умовах посушливого північного Степу України, де опади розподіляються нерівномірно, критично важливо забезпечити сою вологою у ключові періоди. Весняні погодні умови в північному Степу часто створюють виклики: швидке потепління унеможливує збереження достатньої вологи у ґрунті до оптимальних строків сівби. Це ускладнює отримання рівномірних сходів сої. Отже, критично важливим є дослідження впливу добрив для передпосівної обробки насіння. Такі заходи можуть прискорити біологічні процеси, стимулювати розвиток сої та підвищити ефективність споживання вологи й поживних елементів у цих ґрунтового-кліматичних умовах.

2.1. Організаційно-економічні умови господарства

ФГ "Саланг" розташовується у селі Глодоси, Новоукраїнського району, Кіровоградської області. Господарство спеціалізується на вирощуванні зернових, бобових та олійних культур сприяючи забезпеченню продовольчої безпеки регіону та розвитку місцевої економіки.

Фермерське господарство успішно реалізує збалансовану структуру посівних площ, де рівні частки відведені під вирощування зернових та

технічних культур. Такий розподіл дозволяє оптимізувати використання земельних ресурсів, мінімізувати ризики та забезпечити стабільний економічний результат, враховуючи як продовольчі потреби, так і сировинні запити промисловості.

Згідно з внутрішніми даними, ФГ "Саланг" обробляє земельні угіддя загальною площею 96 га, всі з яких є орними землями. Основний вектор діяльності господарства чітко визначений як рослинництво. Детальний розподіл посівних площ відображено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1

Структура посівних площ ФГ "Саланг" (2024 р.)

Культура	Площа, га	Відсотків до загальної площі, %
Соняшник	36	37,5
Пшениця озима	15	15,6
Соя	17	17,7
Кукурудза на зерно	28	29,2
Рілля, всього	96	100

Аналізуючи дані за 2024 рік, бачимо, що господарство віддало перевагу вирощуванню соняшнику (37,5% від загальної площі), значні частки також припали на кукурудзу (29,2%) та сою (17,7%), тоді як озима пшениця зайняла 15,6%.

Сівозміна господарства включає: 1) Соняшник; 2) Пшениця озима; 3) Соя; 4) Кукурудза. Цей набір культур дозволяє ефективно використовувати потенціал ґрунту, чергуючи культури з різними потребами до поживних речовин та різною глибиною кореневої системи. Зокрема, включення сої як бобової культури збагачує ґрунт азотом, що є цінним для наступних зернових культур. Водночас, присутність соняшнику, як прибуткової олійної культури, забезпечує економічну привабливість сівозміни. Таким чином, обрана

ротація культур свідчить про системний підхід до управління земельними ресурсами, спрямований на підвищення родючості ґрунту та збільшення прибутковості.

Дані щодо врожайності культур, які вирощуються у ФГ "Саланг", представлені у таблиці 2.2.

У 2024 році показники врожайності свідчать про різний рівень продуктивності культур, що може бути зумовлений як біологічним потенціалом рослин, так і особливостями агротехнології для кожної культури. Зокрема, високі показники по кукурудзі та пшениці підкреслюють ефективність вирощування зернових.

Валовий збір культур варіював в межах 14,4-142,8 т. Більший показник забезпечила кукурудза на зерно, при вирощуванні соняшнику та озимої пшениці отримали 79,2 та 61,5 т відповідно. Через складні несприятливі погодні умови та незначну врожайність сої у 2024 р. валовий збір зерна був найменшим і становив 14,4 т.

Таблиця 2.2

Урожайність основних сільськогосподарських культур
ФГ "Саланг" (2024 р.)

Культура	Урожайність, ц/га	Валовий збір, т
Соняшник	22	79,2
Пшениця озима	41	61,5
Соя	8,5	14,4
Кукурудза на зерно	51	142,8

Для проведення комплексу польових робіт господарство володіє достатнім арсеналом агротехнічних засобів. Актуальний склад машинно-тракторного парку наведено в таблиці 2.3.

Машинно-тракторний парк ФГ "Саланг"

Найменування	Кількість, шт.
Сівалка СЗТ-3,6, СУПН-8	2
Культиватор КПС-4,2, КРН-4,2	2
Оприскувач ОГН-800	1
Плуг ПЛН-3-35	1
Борони: БДТ-7, ЗБП-0,6	2
Трактор ЮМЗ-6	1
Причіп ПТС-4	1

Аналізуючи механізований парк ФГ "Саланг", що включає різноманітні агрегати, можна відзначити його базове, але функціональне оснащення для рослинництва. Наявність відповідної техніки, свідчить про спроможність господарства виконувати повний цикл основних польових робіт. Цей парк, хоча й невеликий за кількістю одиниць деяких видів техніки, є достатнім для обробки заявленої площі та підтримки обраної сівозміни.

2.2. Ґрунтово-кліматичні та погодні умови господарства

Ґрунтовий покрив ФГ "Саланг" представлений переважно чорноземом звичайним середньогумусним. Цей тип ґрунту є досить поширеним у регіоні та характеризується доброю родючістю завдяки значному вмісту гумусу. Потребує уваги необхідність контролю кислотності для підтримки оптимальних умов для росту культур.

Чорнозем звичайний середньогумусний є поширеним типом ґрунту на Кіровоградщині, де він формується під впливом лучних степів та лісових масивів на лесових породах. За наявності процесу опідзолення відбувається періодичне промивання профілю ґрунту, що призводить до винесення мінеральних частинок з верхніх горизонтів і накопичення їх у нижніх, що може зумовити незначне підкислення. Ґрунт характеризується високим природним вмістом гумусу (4-6% і більше), що забезпечує його значну

родючість та сприятливий структурний стан. Ці ґрунти мають добрі агрофізичні властивості, включаючи високу пористість та вологоутримуючу здатність, що робить їх дуже цінними для сільськогосподарського виробництва.

Чорноземи звичайні відзначаються високим ступенем насиченості основами та значним вмістом калію, що робить їх одними з найродючіших ґрунтів. Це зумовлює їх природну нейтральну або близьку до нейтральної реакцію ґрунтового розчину, що є оптимальною для більшості сільськогосподарських культур. Такий хімічний склад забезпечує рослини необхідними поживними елементами, сприяючи їх інтенсивному росту та високій продуктивності без потреби в значних початкових меліоративних заходах.

За макрорельєфом угіддя ФГ "Саланг" характеризуються домінуванням рівнинних ділянок, хоча наявні й окремі горбисті зони. На рівні мікрорельєфу поля відрізняються присутністю різноманітних форм, таких як невеликі лощини, блюдця та локальні пагорби. Крім того, деякі земельні ділянки мають виражені схили, що вимагає врахування при плануванні агротехнічних заходів.

Клімат Кіровоградської області є помірно-континентальним, що характеризується теплим літом та помірно холодною зимою. Однак, як показує гідротермічний коефіцієнт Селянінова, рівень зволоження в регіоні схильний до значних коливань. Це означає, що від року до року можуть спостерігатися як достатньо зволожені, так і посушливі періоди, що вимагає від аграріїв ретельного планування та впровадження вологозберігаючих технологій для забезпечення стабільного врожаю.

Температурний режим Кіровоградської області характеризується значними річними амплітудами. Середні січневі температури зазвичай коливаються від -5 до -7°C , тоді як у липні вони зростають до комфортних $+15\dots+27^{\circ}\text{C}$. Загалом, середньорічний показник температури повітря становить близько $+8^{\circ}\text{C}$. Проте регіону притаманні й екстремальні значення:

абсолютний температурний максимум може сягати $+36^{\circ}\text{C}$, а абсолютний мінімум – до -33°C , що необхідно враховувати при плануванні сільськогосподарських робіт.

Для регіону характерне завершення весняних заморозків у період з 15 по 20 квітня, тоді як перші осінні заморозки зазвичай фіксуються між 5 та 10 жовтня. Зима тут переважно м'яка, часто супроводжується відлигами, а літній період є теплим і посушливим. Тривалість безморозного періоду становить від 160 до 170 днів, що є важливим показником для агрономічного планування. При цьому вегетаційний період, сприятливий для росту рослин, охоплює 208-216 днів, забезпечуючи достатній час для розвитку більшості сільськогосподарських культур.

Середньорічна кількість опадів у регіоні коливається в межах 430-520 мм, причому значна їх частина (близько 65%) припадає на теплий період року. Загалом, протягом року фіксується від 120 до 140 днів з опадами. Найменш зволуженими є зимові місяці, тоді як з квітня по липень спостерігається поступове збільшення кількості опадів.

Важливо зазначити, що у 2024 році гідротермічні умови суттєво відрізнялися від середньобагаторічних показників як за обсягом опадів, так і за температурним режимом повітря. Детальна інформація про ці відхилення представлена в таблиці 2.4.

Найбільш суттєві відхилення від середньобагаторічних показників відмічені у квітні ($+5,5^{\circ}\text{C}$), липні ($+6,3^{\circ}\text{C}$) та серпні ($+4,8^{\circ}\text{C}$). Підвищені температури повітря у квітні забезпечили більш швидке прогрівання ґрунту для ранніх строків сівби, тоді як високі показники температури у липні-серпні викликали погіршення умов наливу насіння сої.

Відмічено несуттєва кількість опадів за період з травня по серпень 2024 р. – 38 мм, що не забезпечило потреби у вологозабезпеченні сої та обумовило недобір врожаю.

Таблиця 2.4

Агрометеорологічні показники періоду вегетації сої в роки досліджень

Місяці	Температура повітря, °С		Опади, мм	
	2024 р.	середньо-багаторічна	2024 р.	середньо-багаторічна
Квітень	14,4	8,9	53,0	36,0
Травень	16,1	15,3	6,0	45,0
Червень	22,7	18,6	16,8	66,0
Липень	26,3	20,0	3,1	72,0
Серпень	24,2	19,4	12,0	48,0
	2025 р.	середньо-багаторічна	2025 р.	середньо-багаторічна
Квітень	12,7	8,9	34,0	36,0
Травень	15,4	15,3	102,0	45,0
Червень	20,5	18,6	27,5	66,0
Липень	25,7	20,0	41,0	72,0
Серпень	23,0	19,4	31,0	48,0

У 2025 році у липні і серпні температура повітря перевищила середні дані на 5,7 та 3,6 °С відповідно. Кількість опадів у травні була суттєво більшою від попереднього року і становила 102 мм, що більше від норми у 2,2 рази. Відповідно це сприяло активному росту рослин сої на початкових етапах вегетації. В цілому за період активної вегетації з травня по серпень випало 200 мм опадів, що менше ніж за середніми показниками на 14%, але суттєво більше ніж у 2024 р.

Отже, агрометеорологічні показники років досліджень характеризувались підвищеними температурами протягом періоду вегетації сої, особливо у 2024 р. Кількість опадів у 2024 році становила 38 мм, а у 2025 році – 201 мм, що викликало суттєву різницю умов росту і розвитку посівів сої.

РОЗДІЛ 3. ВИВЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ФОСФОРНО-КАЛІЙНИХ ДОБРИВ ТА ІНОКУЛЯЦІЇ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ СОЇ

3.1. Методика досліджень

Вивчаючи вплив добрив та біопрепарату, протягом 2024–2025 років проводили дослідження за прийнятими методиками з метою оптимізації їх внесення для підвищення врожайності [31].

Щоб забезпечити об'єктивність і достовірність результатів, дослідження проводили за схемою двофакторного польового досліду з триразовою повторністю. Ділянки, кожна площею 25,2 м², розміщували рандомізованим методом, що дозволило мінімізувати вплив зовнішніх факторів. Детальна схема досліду представлена в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

Схема досліду

Добрива – ділянки першого порядку	Інокуляція насіння – ділянки другого порядку
Контроль (без добрив)	Контроль (без інокуляції)
	Ризоактив (2 л/т)
P ₄₀ K ₄₀	Контроль (без інокуляції)
	Ризоактив (2 л/т)
P ₄₀ K ₄₀ + Наніт Віо (1,5 л/га)	Контроль (без інокуляції)
	Ризоактив (2 л/т)

Дослідження було зосереджено на ранньостиглому сорті сої Золушка, який був розроблений в Інституті сільського господарства Степу НААН. Цей сорт характеризується високою адаптивністю до місцевих умов.

Сорт сої Золушка є універсальним і придатним для вирощування в усіх агроекологічних зонах України - Степу, Лісостепу та Поліссі. Його можна

використовувати як для зерно-кормових, так і для харчових цілей. Завдяки своїм властивостям, він вважається ефективним попередником для озимих зернових культур.

Середня врожайність сорту коливається в межах 3,5–3,8 т/га. Завдяки ранньостиглості, повний цикл розвитку рослини триває лише 105–110 днів. Сорт демонструє високу резистентність до несприятливих погодних умов, зокрема до посухи. Він також стійкий до вилягання та розтріскування бобів. Має стійкість до поширених захворювань, таких як бактеріоз, септоріоз, вірусна мозаїка, а також до шкідників. Зерно містить високий відсоток сирого протеїну (39–41%) та жиру (21–23%), що підтверджує його високу поживну цінність. Рослини мають білий колір стебла та опушення, напівстиснуту форму куща, а їх висота сягає 87–105 см. Листки трійчасті, яйцеподібної форми із загостреним кінчиком. Квітки білого забарвлення, а боби мають світлий відтінок.

Насіння овальної форми, з жовто-зеленою оболонкою та невеликим чорним пігментом. Характерна особливість - чорний рубчик. Маса 1000 насінин становить 165–175 г [32].

У наших дослідженнях агротехнічні заходи відповідали стандартним практикам вирощування сої, рекомендованим для зони Степу. Як попередник для сої була озима пшениця, що дозволило ефективно використовувати післяжнивні рештки та підтримувати родючість ґрунту.

Комплекс заходів з основного обробітку ґрунту включав лущення стерні після збирання ячменю на глибину 6–8 см, що сприяло заробці насіння бур'янів та збереженню вологи. Глибока зяблева оранка на 20–22 см, що покращувало структуру ґрунту, забезпечувало аерацію і створювало оптимальні умови для росту кореневої системи сої.

Ці агротехнічні прийоми були обрані для створення найбільш сприятливого середовища для розвитку рослин, що є ключовим фактором для отримання високого врожаю.

Весняний обробіток ґрунту був спрямований на максимальне збереження запасів вологи, ефективну боротьбу з бур'янами та створення ідеальних умов для проростання насіння. Цей етап включав послідовне виконання двох ключових операцій. Спочатку здійснювали раннє весняне боронування, щоб закрити вологу і запобігти її випаровуванню. За кілька днів до сівби проводили передпосівну культивуацію за допомогою агрегату КПС-4,2 заглиблюючи його на 5–6 см. Завдяки такому підходу вдалося отримати дрібногрудкувату структуру поверхневого шару ґрунту, що стало запорукою швидких і дружних сходів.

Під передпосівну культивуацію вносили мінеральні фосфорно-калійні добрива розкидним способом згідно схеми дослідження. В якості фосфорного добрива використовували суперфосфат (P_2O_5 – 19 %) в дозі 210 кг/га фізичної маси; калійного – калійно-магнієве (K_2O – 28 %) в дозі 142 кг/га фізичної маси.

Сівба сої проводилася за оптимальних температурних умов. Її здійснювали тоді, коли ґрунт на глибині 10 см прогрівався до 11–13 °С, що забезпечує швидке і рівномірне проростання насіння. Використовувалася технологія з міжряддями 45 см, яка є найбільш ефективною для сої в умовах зони Степу.

Глибина загортання насіння становила 5–6 см. Норма висіву, визначалася згідно рекомендацій для ранньостиглих сортів у зоні Степу і становила 700 тис./га.

Насіння обробляли інокулянтном безпосередньо в день сівби, згідно з експериментальною схемою. Такий підхід допоміг активувати бульбочкові бактерії та покращити фіксацію азоту з атмосфери.

Для внесення добрив на посівах використовували ранцевий обприскувач FORTE KF-16. Обробку посівів проводили вранці, коли температура повітря не перевищувала 18 °С. Ця процедура виконувалася у фазі розвитку 3–5 справжніх листків сої з розрахунку 250 л/га робочої рідини, згідно з рекомендованими нормами.

Для передпосівної обробки насіння сої застосовували за схемою досліду спеціальний біопрепарат Ризоактив. Він містить активні та конкурентоздатні бульбочкові бактерії, які після проростання насіння формують симбіоз із рослиною, підвищуючи її здатність засвоювати атмосферний азот.

Препарат містить три різні штами бульбочкових бактерій *Bradyrhizobium japonicum*. Різні швидкості росту біоагентів забезпечують формування симбіотичного апарату (бульбочок) протягом усього вегетаційного періоду. Крім того, ці штами характеризуються високою адаптивністю до різноманітних ґрунтових та кліматичних умов.

Цей препарат універсальний і підходить для передпосівної обробки насіння в господарствах із різним технічним оснащенням. Його можна застосовувати як вручну, так і за допомогою сівалок або спеціальних протруювальних машин. Норма витрат становить 2 л на 1 т насіння.

Застосування цього препарату дає низку суттєвих переваг. Він демонструє високу нітрогеназну активність, що сприяє значному зростанню врожайності сої - на 0,25–0,6 т/га. Крім того, покращується якість насіння, адже вміст білка збільшується на 2,0–2,5%. Цей інокулянт дозволяє проводити обробку завчасно і не обмежує аграріїв у виборі техніки, оскільки сумісний з різними способами внесення. Важливою перевагою є також толерантність до певних пестицидів, що спрощує інтегрований захист посівів [33].

Для підживлення посівів застосовували Наніт Віо - це спеціалізоване, концентроване хелатне добриво, що поєднує в собі властивості стимулятора росту та адаптогена. Цей препарат розроблений для підвищення стійкості та продуктивності сільськогосподарських культур і може застосовуватися двома способами: як для передпосівної обробки насіння, так і для позакореневого підживлення рослин. Продукт виробляється українською компанією ТД «Гермес».

Наніт Віо має збалансований склад, що включає основні макро- та мікроелементи. До його складу входить по 3% азоту, калію та фосфору, а також магній (0,1%), сірка (0,3%) і залізо (0,2%). Крім того, добриво збагачене цінними біологічно активними компонентами, такими як гумінові речовини, амінокислоти та органічні кислоти (у концентрації 0,3-1%). Головна мета внесення цього препарату – підвищити імунітет рослин та допомогти їм відновитися після впливу стресових факторів. На посівах сої застосовують у фазі 3-5 листків у нормі 1,5 л/га [34].

Протягом дослідження проводили як польові спостереження, так і лабораторні вимірювання.

1. Фенологічні спостереження здійснювалися по всіх дослідних ділянках. Фіксували основні фази росту та розвитку сої, а саме: початок фази відзначали, коли її ознаки з'являлися у 15% рослин, повна фаза констатувалася, коли її досягали 75% рослин.

2. Визначення густоти стояння рослин здійснювали двічі: у фазі повних сходів та безпосередньо перед збиранням врожаю. На ділянках I та III повторень дослідів за допомогою кілочків позначали облікові площі розміром 1 м². На цих виділених ділянках (що включали два рядки довжиною 111 см кожен) проводили підрахунок загальної кількості рослин.

3. Для оцінки морфологічних параметрів рослин у фазі наливу насіння були відібрані зразки для лабораторних аналізів. Із ділянок I та III повторень дослідів довільно відбирали по 20 рослин, після чого визначали їх висоту та масу в лабораторних умовах.

4. Методика визначення площі листя сої. Для розрахунку площі листя сої було застосовано метод висічок. Ця процедура включала кілька етапів:

У лабораторних умовах спочатку визначали загальну масу листя (M) усіх відібраних рослин. Потім з цього листя робили 60 стандартизованих висічок, для яких вимірювали їхню загальну площу (S₁) та масу (M₁). Після цього площу листя (S) розраховували за такою формулою:

$$S=M* S_1*п/M_1,$$

де:

S — загальна площа листя, cm^2

M — загальна маса всього листя, г

S_1 — площа однієї висічки, cm^2

M_1 — загальна маса всіх висічок, г

n — кількість висічок, шт.

Цей метод дозволив отримати точні дані для оцінки вегетативної маси рослин у ході дослідження.

5. Для оцінки ефективності інокуляції підрахунок бульбочок проводили у фазі наливу насіння. На кожному з варіантів досліду відбирали по 5 типових рослин, які потім аналізували в лабораторних умовах. Основним показником була кількість бульбочок, сформованих на кореневій системі однієї рослини.

6. Для оцінки структури врожаю зразки відбирали безпосередньо перед збиранням. На кожному варіанті досліду випадковим чином вибирали по 20 типових рослин. У лабораторних умовах на цих зразках проводили детальний аналіз, вимірюючи наступні показники:

- висота кріплення нижнього бобу;
- загальна кількість бобів на рослині;
- кількість насіння на рослині;
- маса насіння з однієї рослини.

7. Для визначення маси 1000 насінин відбирали два зразки, кожен по 500 насінин, і зважували їх з точністю до 0,1 г. Якщо різниця у вазі між зразками перевищувала 3%, відбирався третій зразок. Фінальний розрахунок маси 1000 насінин проводили, використовуючи два зразки з найменшим відхиленням у вазі.

8. Врожайність визначали шляхом зважування насіння, зібраного з облікової площі кожної ділянки. Отримані дані були оброблені методом дисперсійного аналізу для встановлення їх достовірності.

9. Економічна ефективність отриманих результатів оцінювалася відповідно до методичних рекомендацій кафедри загального землеробства [35, 36].

10. Охорона праці та довкілля. Заходи з охорони праці та захисту довкілля, що застосовувалися під час дослідження, були розроблені на основі рекомендацій, викладених у працях Л. А. Катренко та інших авторів [37, 38].

3.2. Ефективність добрив та інокуляції у підвищенні врожайності сої: аналіз результатів

3.2.1. Результати фенологічних спостережень

Фази розвитку сої тісно пов'язані з погодними умовами, зокрема з температурою та наявністю вологи. Оптимальні показники температури ґрунту (близько 10–12 °С) є ключовими для початку вегетації. В умовах нестачі вологи або тривалих періодів посухи сходи можуть бути зрідженими, а розвиток рослин – сповільненим. Затяжні дощі та низькі температури, навпаки, можуть викликати затримку проростання, підвищуючи ризик розвитку хвороб. Таким чином, погодні умови на початкових етапах розвитку культури значною мірою визначають потенціал майбутнього врожаю.

Критичними періодами для формування врожаю сої є фази цвітіння та наливу бобів. На цих етапах високі температури (понад 30 °С) у поєднанні з недостатньою кількістю опадів можуть призвести до скидання квіток і бобів, що негативно позначається на їх кількості. Достатня кількість вологи у фазі наливу насіння забезпечує його повноцінне формування, збільшуючи масу 1000 насінин. Натомість, надмірна вологість і низькі температури у період дозрівання можуть призвести до затримки збирання врожаю та погіршення якості насіння.

У проведених дослідженнях не було виявлено значущого впливу застосування добрив та біопрепаратів на тривалість міжфазних періодів і

строки настання фенологічних фаз сої. Розвиток рослин відбувався відповідно до природних біологічних ритмів сорту, а також був зумовлений переважаючими погодними умовами протягом вегетації.

Тривалість періоду від сівби до появи сходів у 2024 році становила 10 діб, у 2025 році цей період тривав 9 діб (табл. 3.2). Період між появою сходів і першого трійчастого листка в роки дослідження тривав 7-8 діб. У ранньостиглого сорту сої Золушка період від появи першого трійчастого листка до початку бутонізації був 22-23 доби.

Таблиця 3.2

Результати фенологічних спостережень

Фази росту і розвитку сої	2024 р.	2025 р.
	Календарна дата	
сівба	30.04	3.05
сходи	10.05	12.05
перший трійч. листок	18.05	19.05
бутонізація	9.06	11.06
цвітіння	18.06	19.06
утворення бобів	30.06	2.07
налив насіння	13.07	15.07
повна стиглість	22.08	25.08
Період вегетації, діб	104	105

Міжфазний період від бутонізації до цвітіння виявився досить коротким: у 2024 році він тривав 9 діб, а у 2025 році – 8 діб. Це свідчить про те, що сорт швидко переходить до репродуктивної фази, що є важливою

ознакою для ранньостиглих культур, особливо в умовах обмеженого вегетаційного періоду.

Період від цвітіння до утворення бобів становив 12-13 діб. Цікаво, що саме на цьому етапі рослина витрачає найбільше енергії на формування репродуктивних органів, і будь-який стрес, як-от посуха чи різкі перепади температур, може негативно вплинути на кількість майбутніх бобів.

Найдовшим міжфазним періодом у сорту Золушка виявився налив насіння – повна стиглість, що тривав 40-41 добу. Це критичний етап, під час якого відбувається інтенсивне накопичення поживних речовин у зерні, що безпосередньо впливає на його якість та масу. Забезпечення рослин вологою і поживними елементами саме в цей час має вирішальне значення для формування кінцевого врожаю.

Таким чином, у роки досліджень вегетаційний період ранньостиглого сорту сої Золушка становив 104-105 діб, що підтверджує його відповідність заявленим сортовим характеристикам. Це робить його надійним вибором для регіонів, де важлива швидка стиглість культури.

3.2.2. Залежність густоти рослин сої від застосування добрив і біопрепарату

Застосування фосфорних і калійних добрив зазвичай має помітний позитивний вплив на густоту посіву сої. Ці елементи відіграють ключову роль у формуванні міцної кореневої системи та загальному зміцненні рослин. Це підвищує їх життєздатність і стійкість до стресових чинників, що допомагає зберегти більшу кількість рослин на гектарі до моменту збирання врожаю.

Ефективність фосфорно-калійних добрив тісно пов'язана з наявністю вологи в ґрунті. Саме вода виступає як розчинник, роблячи ці елементи доступними для коренів сої. За умови дефіциту вологи, навіть за достатнього внесення добрив, рослини не зможуть повноцінно їх засвоїти, що негативно

позначиться на їх розвитку та густоті посівів. Таким чином, оптимальне зволоження є необхідною умовою для максимальної реалізації потенціалу добрив.

Інокуляція насіння сої справляє прямий і позитивний вплив на густоту посівів. Завдяки внесенню бульбочкових бактерій рослини отримують доступ до атмосферного азоту вже на початкових етапах розвитку. Це забезпечує молодим сходам інтенсивне живлення, підвищуючи їх життєздатність і стійкість до несприятливих факторів. У результаті, більша кількість рослин виживає від сходів до збирання врожаю, що призводить до формування рівномірної та оптимальної густоти посівів.

Результати дослідження свідчать, що у 2024 році вищу густоту стояння рослин сої після сходів, що становила 55,9 шт./м², було зафіксовано на варіанті з інокуляцією насіння препаратом Ризоактив, що на 3,1 % перевищувало контрольний показник (54,2 шт./м²). На ділянках, де застосовувались добрива Р₄₀К₄₀ у поєднанні з інокуляцією, густота сягала 55,1 шт./м², що було на 1,7 % більше, ніж у контролі. Найнижчий показник спостерігався на контрольному варіанті без добрив та інокуляції (табл. 3.3).

У 2025 році густота сходів була вищою в усіх варіантах, порівняно з попереднім роком. Найкращий результат продемонстрував варіант із застосуванням Р₄₀К₄₀ та інокуляції, де густота досягла 61,8 шт./м². Це на 5,3% більше, ніж у контролі (58,7 шт./м²). Навіть без внесення добрив, інокуляція Ризоактивом забезпечила густоту 60,4 шт./м², що на 2,9% перевищило контрольний показник. Це свідчить про ефективність біопрепарату на початкових етапах розвитку рослин, незалежно від добрив.

В середньому за два роки, більша густота стояння рослин (58,2-58,8 шт./м²) була отримана у варіантах з інокуляцією Ризоактив. Цей показник на 3,0-4,1% перевищив контроль (56,5 шт./м²). Застосування лише добрив Р₄₀К₄₀ мало впливало на підвищення густоти рослин відносно контрольного варіанту.

Таблиця 3.3

Густота стояння рослин сої після сходів залежно від добрив та біопрепарату,
шт./м²

Добрива	Інокуляція насіння	2024 р.	2025 р.	середнє
Контроль (без добрив)	Контроль (без інокуляції)	54,2	58,7	56,5
	Ризоактив (2 л/т)	55,9	60,4	58,2
Р ₄₀ К ₄₀	Контроль (без інокуляції)	54,5	59,5	57,0
	Ризоактив (2 л/т)	55,1	61,2	58,2
Р ₄₀ К ₄₀ + Наніт Біо (1,5 л/га)	Контроль (без інокуляції)	54,9	60,2	57,6
	Ризоактив (2 л/т)	55,8	61,8	58,8

Результати досліджень дозволяють виявити цікаві закономірності у впливі агротехнічних заходів на польову схожість насіння сої (табл. 3.4).

У 2024 році польова схожість була нижчою в усіх варіантах, порівняно з наступним роком. Однак навіть за менш сприятливих умов, інокуляція насіння біопрепаратом Ризоактив виявилася ефективною. Завдяки їй схожість насіння зросла на 2,5% порівняно з контролем, що вказує на здатність інокулянта підвищувати життєздатність насіння. Внесення мінеральних добрив Р₄₀К₄₀ без інокуляції дало незначний приріст - лише 0,5% до контролю, що може свідчити про переважний вплив біологічних факторів на початкових етапах росту рослин.

2025 рік став більш вдалим для отримання високої схожості, що пов'язано з кращими погодними умовами. Найкращий результат було зафіксовано на ділянках, де застосовували комплекс Р₄₀К₄₀ + інокуляція Ризоактивом. Тут схожість насіння досягла 88,3%, що на 4,4% вище, ніж у контролі. Це підкреслює синергетичний ефект від поєднання інокуляції з комплексним живленням. Навіть застосування лише Ризоактиву без добрив

забезпечило схожість на рівні 86,3%, що на 2,4% перевищило контрольний показник.

Таблиця 3.4

Польова схожість насіння сої залежно від добрив та біопрепарату, %

Добрива	Інокуляція насіння	2024 р.	2025 р.	середнє
Контроль (без добрив)	Контроль (без інокуляції)	77,4	83,9	80,6
	Ризоактив (2 л/т)	79,9	86,3	83,1
P ₄₀ K ₄₀	Контроль (без інокуляції)	77,9	85,0	81,4
	Ризоактив (2 л/т)	78,7	87,4	83,1
P ₄₀ K ₄₀ + Наніт Біо (1,5 л/га)	Контроль (без інокуляції)	78,4	86,0	82,2
	Ризоактив (2 л/т)	79,7	88,3	84,0

В середньому за два роки, найбільш помітний результат - 84,0% схожості було отримано на варіанті P₄₀K₄₀ та інокуляції, що на 3,4% вище, ніж у контролі. Аналіз показує, що інокуляція насіння є ключовим фактором для підвищення польової схожості, тоді як мінеральне живлення посилює цей ефект, що свідчить про доцільність їх комплексного застосування.

Аналіз даних таблиці 3.5 свідчить, що застосування добрив та інокуляції позитивно вплинуло на густоту стояння рослин сої перед збиранням врожаю. У 2024 році, найвищий показник густоти, що становив 50,9 шт./м², було зафіксовано на ділянках, де застосовувався комплекс P₄₀K₄₀ + Наніт Біо разом з інокуляцією Ризоактивом. Це на 7,4% перевищує контрольний варіант без добрив та інокуляції (47,4 шт./м²). Без внесення добрив, одна інокуляція забезпечила густоту 48,2 шт./м², що на 1,7% вище контролю. Це свідчить про те, що біологічні та мінеральні фактори сприяли

кращій виживаності рослин протягом вегетаційного періоду, але комбінований підхід виявився найефективнішим.

Таблиця 3.5

Густота стояння рослин сої перед збиранням залежно від добрив та біопрепарату, шт./м²

Добрива	Інокуляція насіння	2024 р.	2025 р.	середнє
Контроль (без добрив)	Контроль (без інокуляції)	47,4	52,1	49,8
	Ризоактив (2 л/т)	48,2	54,2	51,2
Р ₄₀ К ₄₀	Контроль (без інокуляції)	47,5	53,5	50,5
	Ризоактив (2 л/т)	48,9	55,6	52,3
Р ₄₀ К ₄₀ + Наніт Біо (1,5 л/га)	Контроль (без інокуляції)	50,1	58,3	54,2
	Ризоактив (2 л/т)	50,9	59,4	55,2

У 2025 році спостерігалася загальна тенденція до вищої густоти посівів. Найкращий результат знову ж таки було отримано на варіанті з комплексним застосуванням Р₄₀К₄₀ + Наніт Біо та інокуляцією, де густота сягала 59,4 шт./м². Це на 14,0% вище, ніж у контролі (52,1 шт./м²). Застосування лише мінеральних добрив Р₄₀К₄₀ з обприскуванням посівів забезпечило теж високий показник – 58,3 шт./м², що на 11,9% перевищило контрольний показник. Ці результати підкреслюють важливість комплексного живлення для максимізації кількості рослин на етапі дозрівання.

В середньому за два роки, найбільша густота була на ділянках із комплексним підживленням (55,2 шт./м²), що підтверджує ефективність поєднання біопрепаратів та мінеральних добрив для збереження оптимальної кількості рослин. Цей показник на 10,8% перевищив середній результат

контролю (49,8 шт./м²). Внесення Р₄₀К₄₀ + Наніт Біо забезпечило показник вищий за контроль на 8,8%.

Відсоток виживання рослин сої залежить від комплексу чинників, включаючи погодні умови та застосування агротехнічних заходів. Завдяки інокуляції та внесенню фосфорно-калійних добрив, рослини набувають більшої життєздатності та стійкості до несприятливих умов. Це дозволяє зберегти більшу кількість рослин на одиниці площі до кінця вегетаційного періоду. Загалом, на початкових етапах росту відбувається природне зрідження посівів, що становить 10-20% від загальної густоти, але за допомогою відповідних агротехнічних прийомів можна значно підвищити виживаність рослин.

Аналіз даних таблиці 3.6 свідчить, що у 2025 році виживання рослин сої було значно вищим, ніж у 2024 році, в усіх без винятку варіантах дослідів. Це свідчить про вплив сприятливіших погодних умов у 2025 році.

Таблиця 3.6

Вживання рослин сої за період вегетації залежно від добрив та біопрепарату, %

Добрива	Інокуляція насіння	2024 р.	2025 р.	середнє
Контроль (без добрив)	Контроль (без інокуляції)	87,5	88,8	88,1
	Ризоактив (2 л/т)	86,2	89,7	88,0
Р ₄₀ К ₄₀	Контроль (без інокуляції)	87,2	89,9	88,5
	Ризоактив (2 л/т)	88,7	90,8	89,8
Р ₄₀ К ₄₀ + Наніт Біо (1,5 л/га)	Контроль (без інокуляції)	91,3	96,8	94,1
	Ризоактив (2 л/т)	91,2	96,1	93,7

Найвищі показники виживання отримали при підживленні посівів мікродобривом на фоні внесення фосфорно-калійних добрив та інокуляції насіння – 91,2-91,3% (2024 р.). У 2025 році отримали подібний результат, де показник був на рівні 96,1-96,8%.

Аналіз середніх даних за два роки показує, що найкращі результати виживання рослин сої були отримані на варіантах із застосуванням комплексного живлення. Вищий середній відсоток виживання, що становив 93,7-94,1%, зафіксовано на ділянках, де застосовувався комплекс $P_{40}K_{40}$ + Наніт Біо (з інокуляцією), що на 5,6-6,0% перевищує контрольний показник (88,1%).

Отже, вищу схожість насіння – 84,0 % було отримано на варіанті $P_{40}K_{40}$ та інокуляції, що на 3,4 % вище, ніж у контролі. Аналіз показує, що інокуляція насіння є ключовим фактором для підвищення польової схожості, тоді як мінеральне живлення посилює цей ефект, що свідчить про доцільність їх комплексного застосування. На ділянках, де застосовувався комплекс $P_{40}K_{40}$ + Наніт Біо (з інокуляцією) виживання рослин перевищує контроль на 5,6-6,0%. Це свідчить про те, що застосування мікродобрива Наніт Біо в поєднанні з фосфорно-калійними добривами та інокуляцією є ефективним способом підвищення життєздатності рослин, дозволяючи зберегти максимальну густоту посівів до збирання врожаю.

3.2.3. Особливості біометричних параметрів сої залежно від добрив та інокуляції

Фосфорно-калійні добрива значною мірою впливають на масу та площу листя сої. Фосфор є ключовим елементом для енергетичного обміну в рослинах, що безпосередньо впливає на інтенсивність фотосинтезу. Це сприяє накопиченню органічної маси, тобто збільшує загальну масу рослини. Калій, у свою чергу, регулює водний баланс і активізує роботу ферментів, що також позитивно позначається на фотосинтетичній діяльності. Завдяки цим

процесам формується потужніший листовий апарат, що забезпечує більшу площу листя для поглинання сонячної енергії, а це, своєю чергою, призводить до зростання загальної біомаси рослини.

Інокулянти забезпечують рослині доступ до біологічно фіксованого азоту, який є ключовим елементом для росту. Завдяки симбіозу з бульбочковими бактеріями, соя отримує постійне джерело азоту, що стимулює інтенсивний розвиток кореневої системи та листового апарату. Це призводить до нарощування загальної біомаси, робить рослини міцнішими та здоровішими, і як наслідок – збільшує їх загальну масу [12, 25].

У рамках дослідження масу рослин визначали у фазі наливу насіння. Аналіз результатів показує, що маса рослин сої значно варіювалася залежно від року дослідження та застосованих препаратів (табл. 3.7).

Таблиця 3.7

Маса рослин сої залежно від добрив та біопрепарату, г

Добрива	Інокуляція насіння	2024 р.	2025 р.	середнє
Контроль (без добрив)	Контроль (без інокуляції)	28,4	51,9	40,2
	Ризоактив (2 л/т)	30,1	54,9	42,5
P ₄₀ K ₄₀	Контроль (без інокуляції)	29,7	52,7	41,2
	Ризоактив (2 л/т)	31,2	55,8	43,5
P ₄₀ K ₄₀ + Наніт Біо (1,5 л/га)	Контроль (без інокуляції)	30,2	54,1	42,2
	Ризоактив (2 л/т)	30,8	56,8	43,8

У 2024 році найвищу масу рослини – 30,8 г зафіксовано на варіанті із застосуванням P₄₀K₄₀ + Наніт Біо та інокуляцією Ризоактивом. Цей результат на 8,5 % перевищив контрольний показник (28,4 г), демонструючи позитивний вплив комплексного підходу навіть у складних умовах. Лише

інокуляція також дала помітний приріст, збільшивши масу рослин до 30,1 г, що на 6,0 % вище контролю, $P_{40}K_{40}$ + Наніт – 30,2 г (6,3 %). Внесення лише фосфорно-калійних добрив мало незначний вплив на цей показник.

У 2025 році маса рослин була значно вищою в усіх варіантах, що свідчить про сприятливіші погодні умови. Максимальна маса однієї рослини 56,8 г була отримана на варіанті з комплексним застосуванням $P_{40}K_{40}$ + Наніт Біо та інокуляцією, це більше, ніж у контролі (51,9 г) на 9,4 %. Варіант з інокуляцією без добрив також показав високий результат - 54,9 г, що дало приріст 5,8 % перевищило контроль, підкреслюючи важливість біологічної азотфіксації для нарощування вегетативної маси.

В середньому за два роки, найбільша маса рослини (43,8 г) була досягнута на варіанті, де використовували $P_{40}K_{40}$ + Наніт Біо та інокуляцію. Це було вище на 9 %, ніж у абсолютному контролі (40,2 г), без підживлення посівів показник був 43,5 г. Застосування мікродобрива Наніт Біо в поєднанні з $P_{40}K_{40}$ дало масу рослин 42,2 г, що на 5 % вище контролю. Це підтверджує, що Наніт Біо впливає на формування біомаси, а його комбінація з інокулянтом забезпечує більший синергетичний ефект.

Аналіз даних таблиці 3.8 свідчить, що у 2025 році висота рослин сої була значно вищою, ніж у 2024 році, в усіх варіантах дослідження. Це вказує на більш сприятливі погодні умови у 2025 році, що сприяли інтенсивнішому росту рослин.

У 2024 році найвищу висоту рослин (50,2 см) було зафіксовано на варіанті з комплексним застосуванням добрив $P_{40}K_{40}$ + Наніт Біо та інокуляції. Це на 6,6 % перевищило показник на контрольному варіанті – 47,1 см.

У 2025 році найвищу висоту рослин (82,2 см) також було отримано на варіанті з комплексним застосуванням добрив. Цей результат був на 5,6 % вищий за контроль - 77,8 см.

Висота рослин сої залежно від добрив та біопрепарату, см

Добрива	Інокуляція насіння	2024 р.	2025 р.
Контроль (без добрив)	Контроль (без інокуляції)	47,1	77,8
	Ризоактив (2 л/т)	47,4	80,3
P ₄₀ K ₄₀	Контроль (без інокуляції)	46,3	77,5
	Ризоактив (2 л/т)	48,1	81,2
P ₄₀ K ₄₀ + Наніт Біо (1,5 л/га)	Контроль (без інокуляції)	49,6	79,2
	Ризоактив (2 л/т)	50,2	82,2

Цікавим є той факт, що у 2025 році застосування лише мінеральних добрив P₄₀K₄₀ (без інокуляції) не дало суттєвого приросту висоти рослин порівняно з контролем. Однак, у поєднанні з інокуляцією Ризоактивом, висота рослин зросла до 81,2 см. Це свідчить, що в умовах достатньої кількості вологи та поживних речовин біологічна азотфіксація відіграє ключову роль у формуванні потужнішого вегетативного апарату.

За дворічними показниками висота рослин варіювала від 61,9 до 66,2 см (рис. 3.1).

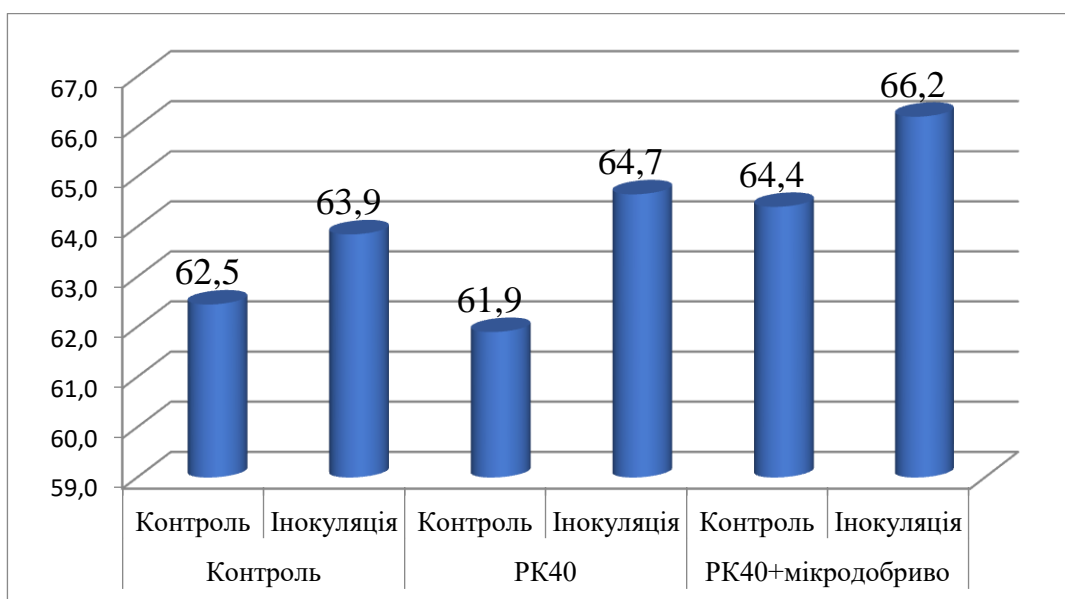


Рис. 3.1. Вплив добрив та інокуляції на висоту рослин (2024-2025 рр.), см

Внесення фосфорно-калійних добрив не мало впливу на висоту рослин сої. При інокуляції насіння показник зріс до контролю на 1,4 см, P₄₀K₄₀ та інокуляції – на 2,2 см, P₄₀K₄₀ та мікродобрива – на 1,9 см, всіх препаратів комплексно – на 3,7 см.

Аналіз площі листя сої залежно від агротехнічних прийомів показує, що вона значно варіювала залежно від року дослідження та застосованих препаратів (табл. 3.9). У 2024 році найбільша площа листя (812 см²) була зафіксована на варіанті з комплексним застосуванням P₄₀K₄₀ + Наніт Біо та інокуляції, що на 7,1 % більше, ніж у контрольному варіанті - 758 см². Це свідчить про ефективність комбінованого підходу навіть у менш сприятливих умовах. Найменші прирости спостерігались на варіантах з застосуванням окремих препаратів, що підкреслює важливість їх синергічної дії.

Таблиця 3.9

Площа листя однієї рослини сої залежно від добрив та біопрепарату, см²

Добрива	Інокуляція насіння	2024 р.	2025 р.	середнє
Контроль (без добрив)	Контроль (без інокуляції)	758	935	847
	Ризоактив (2 л/т)	772	970	871
P ₄₀ K ₄₀	Контроль (без інокуляції)	760	952	856
	Ризоактив (2 л/т)	792	994	893
P ₄₀ K ₄₀ + Наніт Біо (1,5 л/га)	Контроль (без інокуляції)	785	992	889
	Ризоактив (2 л/т)	812	1048	930

У 2025 році загальні показники площі листя були помітно вищими, що пояснюється сприятливішими погодними умовами. Максимальний результат, що склав 1048 см², був досягнутий на тому ж варіанті з комплексним застосуванням. Це на 12,1% перевищило контрольний показник (935 см²).

Навіть внесення лише $P_{40}K_{40}$ та Наніт Біо без інокуляції забезпечило площу листя на рівні 992 см^2 , що на $6,1 \%$ вище за контроль, підтверджуючи ефективність мікродобрива. У варіанті з фосфорно-калійним живленням та інокулянтом показник був теж високий – 994 см^2 , що дало приріст до контролю $6,3 \%$.

В середньому за два роки, найбільша площа листя (930 см^2) була отримана на ділянках, де застосовували $P_{40}K_{40}$ + Наніт Біо разом з інокуляцією Ризоактивом. Цей результат на $9,8 \%$ перевищив середній показник контролю (847 см^2). Це дозволяє зробити висновок, що комплексний підхід, який поєднує мінеральне живлення, інокуляцію та мікродобрива є найбільш ефективним для формування потужного фотосинтетичного апарату сої, що в кінцевому підсумку впливає на її продуктивність.

Площа листя з одиниці площі (або індекс листової поверхні) залежить від комплексу взаємопов'язаних факторів. Головними з них є густина стояння рослин. Чим більше рослин на квадратний метр, тим вищою буде загальна площа листя.

Живлення відіграє ключову роль у формуванні листового апарату. Фосфор і калій також є критично важливими, оскільки вони підтримують загальний обмін речовин, розвиток кореневої системи та водний баланс рослини.

Генетично різні сорти мають неоднаковий потенціал формування листової маси. Крім того, площа листя змінюється протягом вегетаційного періоду, вона зростає до фази цвітіння і наливу насіння, а потім починає зменшуватися через відмирання нижнього листя.

Наявність достатньої кількості вологи та оптимальна температура забезпечують інтенсивний ріст і розвиток рослини. Дефіцит вологи або надмірний тепловий стрес можуть призвести до зменшення розміру листя та його передчасного скидання.

Площа листя сої з одного гектара значно залежить від року та застосованих агротехнічних прийомів (табл. 3.10).

Таблиця 3.10

Площа листя сої залежно від добрив та біопрепарату, тис. м²/га

Добрива	Інокуляція насіння	2024 р.	2025 р.	середнє
Контроль (без добрив)	Контроль (без інокуляції)	41,1	54,9	48,0
	Ризоактив (2 л/т)	43,2	58,6	50,9
Р ₄₀ К ₄₀	Контроль (без інокуляції)	41,4	56,6	49,0
	Ризоактив (2 л/т)	43,6	60,8	52,2
Р ₄₀ К ₄₀ + Наніт Біо (1,5 л/га)	Контроль (без інокуляції)	43,1	59,7	51,4
	Ризоактив (2 л/т)	45,3	64,8	55,0

У 2024 році, найвищий показник площі листя (45,3 тис. м²/га) було досягнуто на варіанті з комплексним застосуванням Р₄₀К₄₀ + Наніт Біо та інокуляцією Ризоактивом. Це перевищило контроль на 10,2 %. Застосування лише інокуляції також дало помітний приріст, збільшивши площу листя до 43,2 тис. м²/га, що на 5,1 % більше, ніж у контролі.

У 2025 році площа листя була значно вищою в усіх варіантах. Максимальний результат, що становив 64,8 тис. м²/га, був отриманий на тому ж варіанті з комплексним застосуванням. Це на 18 % перевищило показник контролю (54,9 тис. м²/га). Це підкреслює, що поєднання біологічних, мінеральних та стимулюючих факторів особливо ефективно в оптимальних умовах.

В середньому за два роки, найбільший показник площі листя (55,0 тис. м²/га) було зафіксовано на варіанті з комплексним застосуванням препаратів, що було вищим від контролю на 14,6 %. Таким чином, дослідження

підтверджує, що комплексне застосування добрив і біопрепаратів є найбільш ефективним способом для формування потужного фотосинтетичного апарату сої.

Результати досліджень демонструють, що кількість бульбочок на кореневій системі сої значно залежить від інокуляції, застосування добрив та погодних умов.

У 2024 році кількість бульбочок була значно нижчою, ніж у 2025 році (табл. 3.11). Проте, навіть у цих умовах, найвищий показник (25,4 шт.) було зафіксовано на варіанті з комплексним застосуванням добрив та інокуляції. Перевищення до контролю було 23,9 %. Навіть без інокуляції, застосування P₄₀K₄₀ + Наніт Біо дало суттєвий показник - 23,3 шт., що на 13,7 % вище контролю, свідчаючи про стимулюючий вплив добрива на розвиток кореневої системи.

Таблиця 3.11

Кількість бульбочок залежно від добрив та біопрепарату, шт.

Добрива	Інокуляція насіння	2024 р.	2025 р.	середнє
Контроль (без добрив)	Контроль (без інокуляції)	20,5	42,5	31,5
	Ризоактив (2 л/т)	22,1	48,9	35,5
P ₄₀ K ₄₀	Контроль (без інокуляції)	19,0	44,6	31,8
	Ризоактив (2 л/т)	21,8	50,6	36,2
P ₄₀ K ₄₀ + Наніт Біо (1,5 л/га)	Контроль (без інокуляції)	23,3	47,8	35,6
	Ризоактив (2 л/т)	25,4	51,3	38,4

У 2025 році максимальний результат (51,3 шт.) було отримано на варіанті з комплексним застосуванням добрив. Приріст їх чисельності до контрольного варіанту був 20,7%.

В середньому за два роки, найбільша кількість бульбочок - 38,4 шт. була отримана на варіанті з комплексним застосуванням препаратів, це дало приріст до контролю на 21,9 %. Внесення $P_{40}K_{40}$ + Наніт Біо підвищило середню кількість бульбочок до 35,6 шт., що на 13,0 % більше, ніж у контролі. Мінеральні добрива та біопрепарат дали показник на рівні 36,2 шт., що вище від контролю на 14,9 %.

Це підтверджує, що інокуляція є ключовим фактором для утворення бульбочок, але фосфорно-калійні добрива та мікродобрива значно посилюють цей процес, створюючи оптимальні умови для симбіозу.

Отже, у варіанті комплексного застосування інокуляції, фосфорно-калійних добрив та підживлення посівів мікродобривом було отримано найвищі показники маси рослин (43,8 г), висоти рослин (66,2 см), площі листя (930 см²), кількості бульбочок (38,4 шт.).

3.2.4. Вплив добрив та інокуляції на структуру врожаю сої

Інокуляція насіння сої має комплексний вплив на всі елементи структури врожаю. Завдяки симбіозу з бульбочковими бактеріями, рослини отримують доступ до біологічно фіксованого азоту, що забезпечує їх стабільним живленням. Це сприяє підвищенню життєздатності сходів, що допомагає зберегти оптимальну густоту стояння рослин. Окрім того, покращене живлення стимулює інтенсивний розвиток вегетативної маси, що призводить до формування більшої кількості квіток і, як наслідок, збільшення числа бобів на рослині та насінин у бобі. Нарешті, повноцінне живлення під час наливу насіння забезпечує його більшу масу, що безпосередньо впливає на показник маси 1000 насінин.

В дослідженнях кількість бобів і насіння на одній рослині сої значно варіювалася залежно від року (додаток А). У 2025 році всі показники були значно вищими порівняно з 2024 роком. Наприклад, на контрольному варіанті кількість бобів у 2025 році була на 61% більшою (19,8 шт. проти 12,3

шт.), а кількість насіння - майже вдвічі більшою (42,3 шт. проти 22,6 шт.). Це свідчить про те, що погодні умови 2025 року були значно сприятливішими для формування репродуктивних органів і наливу насіння.

Аналіз середніх даних за два роки показує, що застосування добрив і біопрепаратів значно збільшує кількість бобів на одній рослині (табл. 3.12). Максимальний показник, що становив 20,1 шт., було зафіксовано на варіанті з комплексним застосуванням добрив, де приріст до контролю був 24,8 %. Без інокуляції, застосування комплексу добрив $P_{40}K_{40}$ + Ризоактив дало - 19,3 шт. бобів, що на 19,9 % вище контрольного показника. Це підтверджує, що інокуляція має синергічний ефект, посилюючи дію добрив.

Таблиця 3.12

Кількість бобів і насіння залежно від добрив та біопрепарату
(2024-2025 рр.), шт.

Добрива	Інокуляція насіння	Кількість бобів, шт.	Кількість насіння, шт.
Контроль (без добрив)	Контроль (без інокуляції)	16,1	32,5
	Ризоактив (2 л/т)	18,2	36,8
$P_{40}K_{40}$	Контроль (без інокуляції)	16,7	33,8
	Ризоактив (2 л/т)	19,3	38,1
$P_{40}K_{40}$ + Наніт Біо (1,5 л/га)	Контроль (без інокуляції)	18,2	37,3
	Ризоактив (2 л/т)	20,1	40,0

Аналогічна тенденція спостерігається і щодо кількості насіння. Найвищий показник, який становив 40,0 шт. на рослину, було отримано на варіанті з комплексним застосуванням $P_{40}K_{40}$ + Наніт Біо та інокуляцією. Цей результат на 7,5 шт., або 23,1 % перевищив показник контролю (32,5 шт.).

Інокуляція насіння біопрепаратом забезпечила кількість насіння 36,8 шт., що на 13,2 % більше, ніж у контролі. Це свідчить про ключову роль інокуляції у формуванні репродуктивних органів, а також про те, що мінеральні добрива та підживлення посівів значно посилюють цей ефект.

Застосування добрив та інокуляції значно вплинуло на масу насіння, отриманого з однієї рослини (табл. 3.13). Найвищий показник (3,17 г) було зафіксовано на варіанті з комплексним застосуванням добрив. Це перевищило на 10,5 %, контрольний варіант (2,87 г). Застосування мінеральних добрив та інокуляції дало показник 3,06 г, що вище контролю на 6,6 %. Навіть інокуляція насіння без внесення добрив збільшила цей показник до 3,05 г, що на 6,3 % перевищує контроль. Ці результати підтверджують, що як біологічні, так і мінеральні фактори сприяють кращому наливу зерна.

Таблиця 3.13

Маса насіння залежно від добрив та біопрепарату (2024-2025 рр.)

Добрива	Інокуляція насіння	Маса насіння, г	Маса 1000 насінин, г	Маса насіння з одиниці площі, г/м ²
Контроль (без добрив)	Контроль (без інокуляції)	2,87	140,6	144,9
	Ризоактив (2 л/т)	3,05	141,5	159,7
P ₄₀ K ₄₀	Контроль (без інокуляції)	2,88	140,7	148,7
	Ризоактив (2 л/т)	3,06	141,7	163,5
P ₄₀ K ₄₀ + Наніт Біо (1,5 л/га)	Контроль (без інокуляції)	3,01	142,9	167,9
	Ризоактив (2 л/т)	3,17	143,6	179,8

Маса 1000 насінин є найменш чутливим показником до застосування добрив і біопрепарату. Хоча спостерігається позитивна динаміка, відмінності не є суттєвими. Максимальний показник (143,6 г) був отриманий на варіанті з комплексним застосуванням добрив. Це свідчить, що більшою мірою маса 1000 насінин залежить від сортових особливостей та погодних умов, ніж від агротехнічних прийомів.

Найбільший приріст маси насіння з одиниці площі було зафіксовано на варіанті з комплексним застосуванням $P_{40}K_{40}$ + Наніт Біо та інокуляцією Ризоактивом, де отримано найбільший результат - 179,8 г/м². Цей показник на 24,1% перевищує контроль (144,9 г/м²). Поєднання мінеральних добрив, мікродобрив та інокуляції має синергічний ефект, комплексно впливаючи на всі елементи структури врожаю і забезпечуючи максимальний приріст урожайності.

Аналіз наданих даних щодо висоти кріплення нижнього бобу свідчить, що застосування добрив та інокуляції має незначний позитивний вплив на цей показник, що є важливим показником для механізованого збирання врожаю (рис. 3.2).

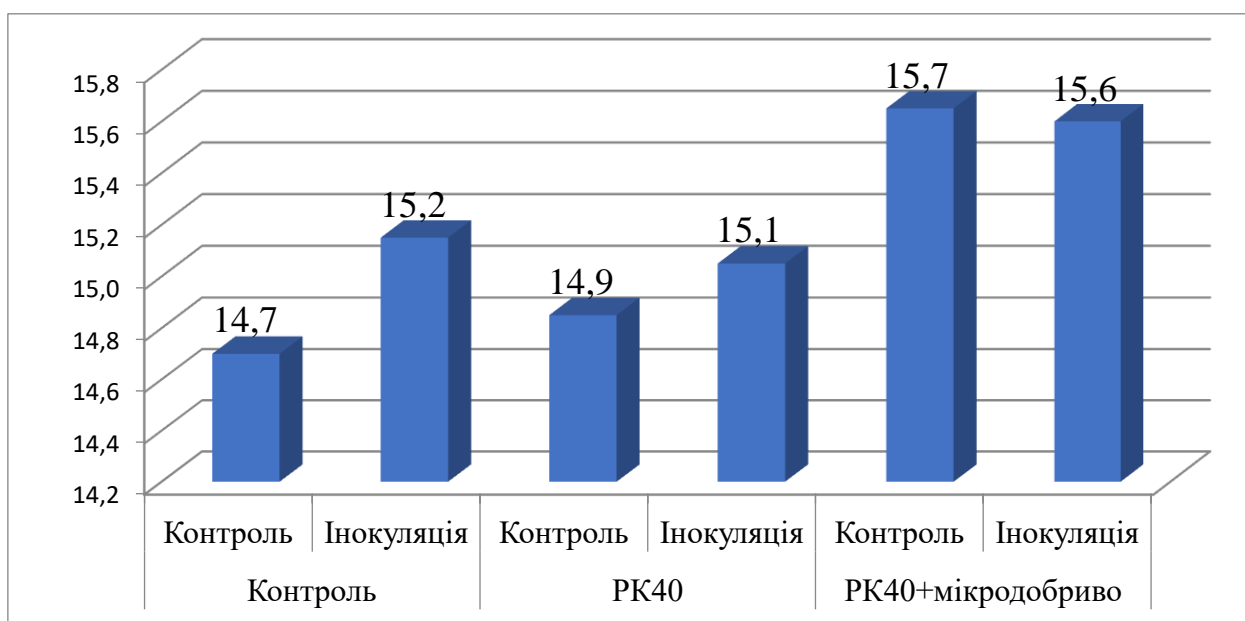


Рис. 3.2. Висота прикріплення нижнього бобу залежно від елементів агротехніки (2024-2025 рр.), см

Найнижчий показник - 14,7 см зафіксовано на контрольному варіанті (без добрив та інокуляції), що може ускладнити збирання. Найвищу висоту кріплення нижнього бобу (15,7 см) отримано на варіанті з комплексним застосуванням РК₄₀ та мікродобрива.

Застосування добрив, особливо в комплексі з мікродобривами, є найбільш ефективним способом для збільшення висоти кріплення нижнього бобу, що полегшує збирання врожаю та зменшує втрати.

Отже, аналіз елементів структури врожаю свідчить що сумісне застосування добрив та біопрепарату сприяло покращенню показників продуктивності. Так, у варіанті до вносили фосфорно-калійні добрива та проводили підживлення та інокуляцію отримали вищий показник кількості бобів (20,1 шт.), маси насіння (3,17 г), кількості насіння (40,0 шт.), маси 1000 насінин (143,6 г).

3.2.5. Комплексна дія живлення та інокуляції на формування врожайності сої

Інокуляція насіння сої є важливим агротехнічним прийомом, який суттєво впливає на кінцевий урожай. Дані багатьох досліджень підтверджують високу ефективність інокуляції та збільшення рівня врожаю на 15-30 % і більше [19, 25, 27].

Мікродобрива відіграють надзвичайно важливу роль у вирощуванні сої, оскільки вони забезпечують рослини необхідними мікроелементами, що потрібні в невеликих кількостях, але є критично важливими для ключових фізіологічних процесів.

Урожайні дані показали, що у 2024 році показники врожайності були значно нижчими, ніж у 2025 році (табл. 3.14). Проте, застосування агротехнічних прийомів забезпечило достовірний приріст врожаю. Найвищий показник, який становив 9,0 ц/га, було отримано у варіанті з

комплексним застосуванням $P_{40}K_{40}$ + Наніт Біо та інокуляцією. Цей результат забезпечив достовірну прибавку до контролю без добрив – 0,8 ц/га (за $НІР_{05}$ по фактору А = 0,3 ц/га). Додаткове застосування тільки інокуляції насіння не дало істотного приросту врожаю.

У 2025 році найбільший результат, що склав 24,3 ц/га, було досягнуто у варіанті з комплексним застосуванням $P_{40}K_{40}$ + Наніт Біо та інокуляцією. Прибавка до контролю без добрив була достовірною і становила 4,8 ц/га, до контролю без інокуляції – 1,8 ц/га. У варіанті де використали інокуляцію та мінеральні добрива прибавка була 3,7 ц/га.

Таблиця 3.14

Урожайність сої залежно від добрив та біопрепарату (2024-2025 рр.), ц/га

Добрива – фактор А	Інокуляція насіння – фактор Б	2024 р.	2025 р.	середнє
Контроль (без добрив)	Контроль (без інокуляції)	8,2	19,5	13,9
	Ризоактив (2 л/т)	8,4	22,6	15,5
$P_{40}K_{40}$	Контроль (без інокуляції)	8,2	21,3	14,8
	Ризоактив (2 л/т)	8,5	23,2	15,9
$P_{40}K_{40}$ + Наніт Біо (1,5 л/га)	Контроль (без інокуляції)	8,8	22,5	15,7
	Ризоактив (2 л/т)	9,0	24,3	16,7
НІР ₀₅ по фактору А		0,3	0,8	
НІР ₀₅ по фактору В		0,3	0,7	
НІР ₀₅ по фактору АВ		0,7	1,6	

Таким чином, найбільша врожайність за дворічними даними - 16,7 ц/га була зафіксована у варіанті з сумісним застосуванням всіх препаратів, де прибавка врожаю складала 2,8 ц/га, під впливом $P_{40}K_{40}$ і Ризоактиву –

2,0 ц/га, P₄₀K₄₀ і Наніт Біо – 1,8 ц/га, Ризоактиву – 1,6 ц/га. Найменший приріст отримали при застосуванні лише мінеральних добрив P₄₀K₄₀, де прибавка була 0,9 ц/га.

РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ЗАСТОСУВАННЯ ДОБРИВ

В умовах України соя набуває статусу ключової стратегічної культури. Світовий аграрний досвід демонструє, що досягнення високої економічної рентабельності при культивуванні сої можливе завдяки збалансованому використанню наявних ресурсів, оптимальному зонуванню посівів та впровадженню ресурсоощадних технологічних рішень. В аграрному секторі критично важливим є моніторинг фінансових показників виробництва, зокрема рівня прибутковості та ефективності інвестованого капіталу.

Економічна ефективність у сільському господарстві визначається як досягнення максимального обсягу продукції з одиниці посівної площі (з 1 га) при одночасній мінімізації виробничих витрат на одиницю виробленої продукції [35], що є ключовим критерієм рентабельності аграрного бізнесу.

З погляду економічної ефективності, соя є надзвичайно привабливою культурою, яка забезпечує отримання недорогого рослинного білка. Завдяки здатності до біологічної фіксації атмосферного азоту, вона значно знижує потребу у внесенні дорогих мінеральних азотних добрив, що прямо впливає на зниження собівартості продукції. Крім того, соя сприяє отриманню екологічно безпечної продукції та є ключовою для сталого землеробства, підвищуючи рентабельність виробництва та зберігаючи родючість ґрунтів.

Зростання економічної ефективності у вирощуванні сільськогосподарських культур має мультиплікативний позитивний вплив, оскільки безпосередньо забезпечує зростання чистого прибутку господарств, що формує фінансову основу для розширення, модернізації та вдосконалення виробництва, дозволяє збільшувати оплату праці та покращувати соціально-побутові умови працівників аграрної галузі [36], а також зміцнює загальну конкурентоспроможність аграрного сектору на ринку.

Порівняльна економічна ефективність залежно від застосування добрив наведена в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1

Економічна ефективність вирощування сої залежно від добрив

Добрива	Інокуляція насіння	Урожайність, ц/га	Вартість врожаю з 1 га, грн.	Витрати з 1 га, грн.	Умовно-чистий дохід з 1 га, грн	Рівень рентабельності, %	Собівартість 1 ц зерна, грн.
Контроль – без добрив	Контроль – без інокуляції	13,9	26410	13732,0	12678,0	92,3	987,9
	Ризоактив (2 л/га)	15,5	29450	14877,7	14572,3	97,9	959,9
P ₄₀ K ₄₀	Контроль – без інокуляції	14,8	28120	15671,6	12448,4	79,4	1058,9
	Ризоактив (2 л/га)	15,9	30210	15735,0	14475,0	92,0	989,6
P ₄₀ K ₄₀ + Наніт Біо (1,5 л/га)	Контроль – без інокуляції	15,7	29830	15942,8	13887,2	87,1	1015,5
	Ризоактив (2 л/га)	16,7	31730	16005,1	15724,9	98,2	958,4

Аналіз фінансових показників свідчить про те, що найвищий економічний результат досягається за умови комплексного застосування агротехнологічних елементів, що включають мінеральне живлення та інокуляцію. Цей варіант забезпечив максимальний умовно-чистий дохід у розмірі 15724,9 грн/га та найвищий рівень рентабельності – 98,2%. Водночас, він продемонстрував мінімальну собівартість 1 ц зерна, яка становила 958,4 грн/ц, підтверджуючи найкращу окупність вкладених ресурсів.

Застосування лише інокулянту Ризоактив (без мінеральних добрив) забезпечило другим за величиною рівень рентабельності (97,9%) та собівартість до 959,9 грн/ц, що є кращим показником, ніж контрольний варіант. Це свідчить про високу економічну доцільність біологічної фіксації азоту.

На противагу цьому, застосування лише фосфорно-калійних добрив $P_{40}K_{40}$ без інокуляції виявилось найменш рентабельним. Цей варіант показав найнижчий рівень рентабельності (79,4%) та найвищу собівартість (1058,9 грн/ц), а також призвів до зниження умовно-чистого доходу порівняно з контролем. Це підкреслює, що без ефективної азотфіксації, витрати на мінеральні добрива не окупаються, що робить цей підхід економічно не вигідним.

РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ДОВКІЛЛЯ ПРИ ЗАСТОСУВАННІ ДОБРИВ

5.1. Техніка безпеки при застосуванні добрив

Технологія застосування добрив вимагає суворого дотримання правил безпеки через їх потенційний ризик: токсичність, подразнювальні властивості, а також вибухо- і пожежонебезпечність. Основні вимоги безпеки охоплюють три стадії: зберігання, підготовку розчинів та безпосередню роботу в полі. Мінеральні добрива, особливо нітратовмісні (наприклад, аміачна селітра), слід зберігати окремо від органіки, пально-мастильних матеріалів та легкозаймистих речовин. Аміачна селітра, зокрема, вимагає особливої обережності через ризик детонації при підвищенні температури чи контакті з горючими компонентами.

Сховища для мінеральних добрив повинні бути сухими, забезпечені якісною вентиляцією та захищені від атмосферних опадів і прямих сонячних променів. Категорично заборонено змішувати хімічно несумісні добрива, здатні вступати в реакцію (наприклад, аміачну селітру з вапном чи органічними сполуками). Мішки та контейнери розміщують штабелями з обов'язковим дотриманням нормативної висоти для запобігання обвалу, а також із забезпеченням вільних проходів для контролю. Склади для міндобрив мають розташовуватися на відстані щонайменше 200 м від населених пунктів, а комплексні сховища для пестицидів і добрив – не ближче ніж за 500 м. Кожен склад має бути обов'язково оснащений необхідним протипожежним інвентарем.

Працівники, залучені до роботи з добривами (особливо під час змішування, завантаження чи внесення), зобов'язані використовувати відповідні засоби індивідуального захисту (ЗІЗ):

- Спецодяг, що повністю захищає шкірні покриви (комбінезони, фартухи).

- Хімічно стійкі рукавиці (гумові або нітрилові).
- Респіратори або протигази з фільтрами, адаптованими до типу добрив (критично для пиловатих речовин або рідкого аміаку).
- Герметичні захисні окуляри.
- Гумові чоботи.

Завантаження добрив у розкидачі або обприскувачі має здійснюватися переважно механізовано (за допомогою навантажувачів), ручна праця при цьому мінімізується. Вся техніка для внесення повинна бути абсолютно справною, з особливою увагою до систем дозування; при роботі з рідкими добривами (наприклад, аміачною водою) герметичність обладнання є обов'язковою.

Пересування агрегатів у полі має відбуватися на безпечній швидкості, особливо на схилах, нерівностях або поворотах, задля запобігання перекиданню. Під час обприскування пестицидами і добривами слід чітко дотримуватися санітарно-захисних зон від житлових масивів та водойм для уникнення знесення препаратів вітром. Під час роботи агрегатів заборонено знаходитися поблизу їхніх робочих органів, зокрема, ближче ніж за 50–80 м від дискових розкидачів. Завантажувати машини мінеральними добривами дозволяється лише після їх повної зупинки.

Суворо забороняється перевозити людей, продукти харчування чи питну воду разом із добривами чи пестицидами. Не допускається перебування між трактором і машиною або сидіння на машині під час руху. Вживання їжі, напоїв та паління на складах і під час роботи з добривами є категорично забороненим.

Після завершення всіх робіт обов'язковим є ретельне очищення техніки, миття рук та обличчя з милом, а також прийняття душу. На робочих ділянках та складах повинна бути доступна аптечка для надання екстреної допомоги при хімічних опіках чи отруєннях.

До роботи з добривами та пестицидами допускаються особи, які досягли 18 років, пройшли необхідний медичний огляд та навчання з техніки

безпеки. У разі потрапляння рідких азотних добрив на шкіру їх слід негайно змити великою кількістю води, а на сильно уражені ділянки накласти примочки 5% розчином оцтової кислоти. При ознаках тяжкого отруєння потерпілому необхідно забезпечити доступ до свіжого повітря, звільнити від тісного одягу, напоїти теплим молоком із питною содою (чайна ложка на склянку), за необхідності застосувати штучне дихання та негайно доставити до найближчого медичного закладу [37].

5.2. Охорона довкілля при застосуванні добрив

Використання мінеральних добрив у сільському господарстві, особливо у великих обсягах, часто порушує природний баланс кругообігу речовин у екосистемах. Нерівномірність їхнього розподілу під час внесення може в рази перевищувати допустимі межі, що значно знижує агрономічну ефективність препаратів: для азотних вона може падати на 40-50 %, фосфорних – на 35-40 %, а калійних – на 15-20 %. Це призводить до утворення в ґрунті локальних зон із надмірною концентрацією поживних елементів.

Інтенсивна хімізація сучасного агропромислового комплексу спричиняє активне надходження хімічних сполук у довкілля, викликаючи низку негативних екологічних наслідків:

- Винесення надлишкового азоту в атмосферу (наприклад, у формі закису азоту, N_2O) негативно впливає на екологічні показники, оскільки N_2O є потужним парниковим газом.

- Евтрофікація водних систем. Міграція елементів живлення (зокрема, нітратів і фосфатів) з ґрунту в підземні води та поверхневі стоки провокує швидкий розвиток водоростей та планктону, що призводить до евтрофікації природних водойм, виснаження кисню і порушення водного біорізноманіття.

- Нераціональне застосування добрив може погіршувати агрохімічні властивості ґрунту, порушувати баланс поживних елементів та знижувати загальні показники родючості.

- Дисбаланс у живленні культур макро- та мікроелементами часто спричиняє активізацію розвитку хвороб, зокрема фітопатогенних грибкових інфекцій, що погіршує фітосанітарний стан посівів.

- Порушення технології внесення або використання неякісних добрив можуть знижувати кінцеву продуктивність сільськогосподарських культур та погіршувати якість насінневої продукції.

Необґрунтована хімізація також призводить до послаблення біологічної активності ґрунту та зменшення біологічної фіксації азоту з атмосфери, що порушує природні механізми живлення. Застосування високих доз добрив із вмістом азоту спричиняє накопичення нітратів у рослинній продукції, часто перевищуючи гранично допустимі норми. В організмі рослин і в ґрунті великі кількості нітратів і нітритів можуть сприяти формуванню шкідливих сполук – нітрозамінів.

Для зменшення накопичення шкідливих сполук у рослинах застосовують дробне, поетапне внесення азотних препаратів або застосування добрив із уповільненою дією та інгібіторів нітрифікації, що сприяє контрольованому живленню.

Важливим заходом є вирощування культур, що природно містять велику кількість детоксикантів. Такі речовини, як фолієва кислота, вітаміни С, Р, Е, та амінокислоти – метіонін, лізин і треонін – сприяють детоксикації нітратів і нітритів.

Отже, сучасний підхід до агрохімізації повинен базуватися не лише на гонитві за максимальною врожайністю, але й на забезпеченні екологічної безпеки продукції та збереженні родючості ґрунту для майбутніх поколінь [38].

ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

1. Встановлено, що вищу польову схожість насіння – 84,0 % було отримано у варіанті $P_{40}K_{40}$ та інокуляції, що на 3,4 % вище, ніж у контролі. У варіантах, де застосовувався комплекс $P_{40}K_{40}$ + Наніт Біо (з інокуляцією) виживання рослин перевищує контроль на 5,6-6,0 %.

2. У варіанті комплексного застосування інокуляції, фосфорно-калійних добрив та підживлення посівів мікродобривом було отримано найвищі показники маси рослин (43,8 г), висоти рослин (66,2 см), площі листя (930 см^2), кількості бульбочок (38,4 шт.).

3. При внесенні фосфорно-калійного добрива та проведенні інокуляції й підживлення посівів отримали вищі показники кількості бобів (20,1 шт.), маси насіння (3,17 г) та кількості насіння (40,0 шт.), що перевищило абсолютний контроль на 10,5-24,8 %.

4. Найбільша врожайність – 16,7 ц/га була у варіанті з сумісним застосуванням всіх препаратів, де прибавка врожаю склала 2,8 ц/га, під впливом $P_{40}K_{40}$ і Ризоактиву – 2,0 ц/га, $P_{40}K_{40}$ і Наніт Біо – 1,8 ц/га, Ризоактиву – 1,6 ц/га. Найменший приріст 0,9 ц/га отримали при застосуванні лише мінеральних добрив $P_{40}K_{40}$.

5. Вищий економічний результат досягається за умови комплексного застосування агротехнічних елементів, що включають мінеральне живлення та інокуляцію. Цей варіант забезпечив максимальний умовно-чистий дохід у розмірі 15724,9 грн/га та найвищий рівень рентабельності – 98,2%. Водночас, він продемонстрував мінімальну собівартість 1 ц зерна, яка становила 958,4 грн/ц, підтверджуючи найкращу окупність вкладених ресурсів.

Сільськогосподарським підприємствам Степу України рекомендується комплексне удобрення сої сорту Золушка мінеральним добривом ($P_{40}K_{40}$), інокулянтом Ризоактив та підживлення посівів Наніт Біо, що забезпечить вищу врожайність 16,7 ц/га, прибавку врожаю 2,8 ц/га (20,1%), додатковий дохід 3047 грн./га, рівень рентабельності 98,2%.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Панасюк Р. Вирощування нових скоростиглих сортів сої української селекції в умовах Західного Лісостепу. Вісник Львівського національного аграрного університету. Серія «Агрономія». 2020. № 24. С. 89–92. DOI: <https://doi.org/10.31734/agronomy2020.01.089>
2. Фостолович С. І. Сучасний підхід до живлення сої. URL: <http://agro-business.com.ua/2017-09-29-05-56-43/item/22573-suchasnyi-pidkhd-do-zhyvlennia-soi.html>
3. Ямковий В. Особливості сучасної системи удобрення сої. Пропозиція. 2013. № 3. С.66–70.
4. Бахмат О., Бахмат М., Федорук І. Сортова продуктивність зерна сої в умовах Лісостепу Західного. Аграрна наука та освіта Поділля. 2017. С. 59–62.
5. Кабанець В. М., Турчин П. І., Собко М. Г., Мурач О. М. Ефективне використання біологічних препаратів та фізіологічно активних речовин зернобобових культур. Інститут сільського господарства Північного Сходу, 2017. 24 с.
6. Barbosa J. M., Alves Rezende C. F., Wilson Mozena Leandro W. M., Rafael Felipe Ratke R. F. Effects of micronutrients application on soybean yield. Australian Journal of Crop Science. 2016. 10 (8) :1092-1097.
7. Заболотний Г. М., Циганський В. І. Вплив мінеральних добрив та мікродобрива на формування індивідуальної продуктивності рослин сої в умовах Лісостепу Правобережного. Агробіологія, 2015, № 2, 130–133.
8. Душко П. М. Оцінювання удобрень сої в технології її вирощування за адаптивним потенціалом. Агроекологічний журнал. 2017. № 2. С. 205–210. DOI: <http://doi.org/10.333730/2077-4893.2.2017.220307>
9. Січкач В. І., Пасічник С. М. Генетико-фізіологічні основи стійкості зернобобових культур до посухи. Вісн. Укр. тов-ва генетиків і селекціонерів. 2018. Т. 16, № 1. С. 35–51.
10. Herrige D., Peoples M., Boddey R. Global inputs of biological nitrogen fixation in agricultural systems. Plant and soil. 2008. 311. P. 1–18.

11. Тимчук В. М., Цехмейструк М. Г., Матвієць В. Г. Соя в системі стандартизованих сировинних ресурсів і трансферу цілісних технологій. Вісник аграрної науки. 2016. № 2. С. 42–47.

12. Губенко Л. В., Задубинна Є. В., Ветрова Н. О. Продуктивність сої залежно від способів основного обробітку ґрунту та застосування мінеральних добрив. Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства НААН». 2018. Вип. 2. С. 35–43.

13. Чернищенко П. В. Характеристика сортів сої за екологічною пластичністю урожайності та якості насіння в умовах Східного Лісостепу України. Таврійський науковий вісник. 2014. Вип. 87. С. 98–105.

14. Білявська Л. Г., Білявський Ю. В., Діянова А. О., Мирний М. В. Сорти сої для Степу та Лісостепу України. Вісник ПДАА. 2021. № 1. С. 135–140. doi:10.31210/visnyk2021.01.16

15. Шепілова Т. П., Петренко Д. І., Лещенко С. М., Скриннік І. О., Артеменко Д. Ю. Ефективність застосування добрив на посівах сої в умовах Північного Степу України. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2021. № 1. С.37-42.

16. Вишнівський П. С., Фурман О.В. Продуктивність сої залежно від елементів технології вирощування в умовах правобережного Лісостепу України. Plant and soil science, 2030. 11 (1). С. 13–22. URL: [hΣps://doi.org/10.31548/agr2020.01.013](https://doi.org/10.31548/agr2020.01.013)

17. Гамаюнова В. В., Казанок О. О. Вплив умов вирощування на врожайність сортів сої в Південній зоні України. Таврійський науковий вісник. 2011. Вип. 73. С. 25–29.

18. Кондратюк С. О, Стригун О. О., Гаманова О. М. Мистецтво вирощування сої. Агроном. 2015. № 2. С. 114–119.

19. Мельник А. В., Романько Ю. О. Вплив комплексного застосування азотних добрив та бактеріальних препаратів на врожайність сої в умовах Лівобережного Лісостепу України. Вісник Сумського НАУ. Суми, 2015. Вип. 30. С. 170–172.

20. Попко І. В. Продуктивність сої залежно від удобрення та інокуляції. Вісник аграрної науки. 2005. № 6. С. 69–71.

21. Циганська О. І., Циганський В. І. Вплив мінеральних добрив та способів використання комплексу мікроелементів на висоту рослин сої. Сільське господарство та лісівництво. 2019. № 15. С. 83–93.

22. Мигаль І. Вплив рівня мінерального живлення на урожайність і якість насіння сої. Вісник Львівського національного аграрного університету : агрономія. 2009. № 12 (1). С. 111–116.

23. Петриченко В. Ф. Наукові основи сталого соєсіяння в Україні. Корми і кормовиробництво. 2011. Вип. 69. С. 3–10.

24. Шепілова Т. Вплив мінеральних добрив та інокуляції насіння на врожайність сої. URL: [https://propozitsiya.com/articles/vplyv- mineralnykh-dobryv-ta-ino-ku-lyatsiyi-nasinnya-na-vrozhaynist-soyi](https://propozitsiya.com/articles/vplyv-mineralnykh-dobryv-ta-ino-ku-lyatsiyi-nasinnya-na-vrozhaynist-soyi)

25. Федорук І.В. Сортова продуктивність зерна сої залежно від інокуляції насіння та внесення мікродобрив в умовах Лісостепу західного : дис. ... канд. с.-г. наук : 06.01.09 – рослинництво. Кам'янець-Подільський. 2021. 251 с.

26. Шевніков М. Я., Коблай О. О. Застосування біологічних, хімічних та фізичних засобів у технологіях вирощування сої та кукурудзи : монографія. Полтава : Крюков Ю. Ф., 2015. 228 с.

27. Лихочвор В.В., Щербачук В.М., Панасюк Р.М., Панасюк О.В. Вплив удобрення на формування фотосинтетичної та зернової продуктивності сої в умовах західного Лісостепу. Передгірне та гірське землеробство і тваринництво. 2016. Вип. 60. С. 88-96.

28. Бараболя О. В., Найдьон М. Ю., Кононеко С. М., Коровніченко С. Г. Вплив мінерального живлення на продуктивність сої. Вісник ПДАА. 2020. № 4. С. 35–44.

29. Федорчук І. В., Колодій В.А., Хмелянчишин Ю. В. Вплив елементів живлення на продуктивність сої. Таврійський науковий вісник. 2022. № 128. С. 221-228.

30. Дідора В. Г., Ступніцька О. С. Продуктивність сої залежно від інокуляції та удобрення в умовах Полісся України. Вісник аграрної науки. 2016. № 4(квітень). С. 33-37.

31. Дідора В. Г., Смаглий О. Ф., Ермантраут Е. Р. Методика наукових досліджень в агрономії : навч. посіб. К. : Центр учбової літератури, 2013. 264 с.

32. Сорт сої Золушка. Характеристика. URL: <https://isgs-naan.com.ua/zolushka>

33. Біопрепарат Ризоактив. URL: https://bionorma.ua/inokulyanty/ryzoaktyv-kontsentratsiya-1-1/?srsltid=AfmBOopWpVHA7CkVDefxGKdOb-HGDDaGq0IiWBMha2g95_ztM6K1piS2

34. Добриво Наніт Біо. URL: <https://agroplant.com.ua/nanit-bio>

35. Семеняка І. М., Малаховська В. О. Методичні поради щодо визначення економічної ефективності наукових досліджень в агрономії (для науковців та студентів спеціальності 130102 "Агрономія"). Кіровоград : КДСГДС УААН – КНТУ, 2009.

36. Економічний довідник аграрника. В. І. Дробот, Г. І. Зуб, М. П. Кононенко; За ред. Ю. Я. Лузана, П. Т. Саблука. К. : Преса України, 2003. 800 с.

37. Безпека життєдіяльності. Желібо Є. П. К. : Каравела, 2005. 344 с.

38. Катренко Л. А., Кіт Ю. В., Пістун І. П. Охорона праці. Курс лекцій. Практикум: Навчальний посібник. 3-тє вид., перероб. і допов. Суми : ВТД «Університетська книга», 2009. 540 с.

ДОДАТКИ

Додаток А

Кількість бобів і насіння залежно від добрив та біопрепарату, шт.

Добрива	Інокуляція насіння	2024 р.	2025 р.	2024 р.	2025 р.
		Кількість бобів, шт.		Кількість насіння, шт.	
Контроль (без добрив)	Контроль (без інокуляції)	12,3	19,8	22,6	42,3
	Ризоактив (2 л/т)	12,9	23,4	24,3	49,2
Р ₄₀ К ₄₀	Контроль (без інокуляції)	13,1	20,3	22,8	44,8
	Ризоактив (2 л/т)	14,1	24,5	25,4	50,7
Р ₄₀ К ₄₀ + Наніт Біо (1,5 л/га)	Контроль (без інокуляції)	15,2	21,1	27,8	46,7
	Ризоактив (2 л/т)	15,3	24,9	27,5	52,4

Додаток Б

Маса насіння залежно від добрив та біопрепарату, г

Добрива	Інокуляція насіння	2024 р.	2025 р.	2024 р.	2025 р.
		Маса насіння, г		Маса 1000 насінин, г	
Контроль (без добрив)	Контроль (без інокуляції)	1,84	3,89	132,5	148,6
	Ризоактив (2 л/т)	1,88	4,22	133,8	149,2
P ₄₀ K ₄₀	Контроль (без інокуляції)	1,81	3,95	132,4	149,0
	Ризоактив (2 л/т)	1,89	4,22	133,9	149,5
P ₄₀ K ₄₀ + Наніт Біо (1,5 л/га)	Контроль (без інокуляції)	1,85	4,17	135,1	150,6
	Ризоактив (2 л/т)	1,92	4,41	135,2	151,9

Додаток В

Дисперсійний аналіз врожайності 2024 р.

La	Lb	P	N	K		
3	2	3	18	1307,309		
Варіанти		P			Сума	Середнє
La	Lb	I	II	III		
I	1	7,2	8,8	8,6	24,6	8,2
	2	7,4	8,9	8,9	25,2	8,4
II	1	6,2	9,2	9,1	24,5	8,2
	2	7,1	9,3	9,2	25,6	8,5
III	1	8,2	8,9	9,3	26,4	8,8
	2	8,1	9,5	9,5	27,1	9,0
Сума		44,2	54,6	54,6	153,4	8,5

Результати дисперсійного аналізу

Дисперсія	Сума квадратів	Ступінь свободи	Середній квадрат	Відношення дисперсій	
				F _ф	F ₀₅
Загальна	Sy	15,59	17		
Повторень	Sp	12,018	2		
Варіантів	Sv	1,75	5	0,4	1,92
Фактору А	Ca	1,408	2	0,7	3,86
Фактору В	Cb	0,320	1	0,32	1,76
Фактору АВ	Cab	0,023	2	0,01	0,06
Інші	Cz	1,822	10	0,182	

<i>HIP</i> ₀₅ заг.	0,67	фактору А	0,34	фактору В	0,30
Точність дослід, %	2,50%		<i>t</i> ₀₅	2,23	

Додаток Г

Дисперсійний аналіз врожайності 2025 р.

La	Lb	P	N	K		
3	2	3	18	8888,889		
Варіанти		P			Сума	Середнє
La	Lb	I	II	III		
I	1	17,2	19,1	22,1	58,4	19,5
	2	20,2	23,5	24,1	67,8	22,6
II	1	20,1	19,6	24,1	63,8	21,3
	2	22,6	21,6	25,5	69,7	23,2
III	1	20,5	23,2	23,7	67,4	22,5
	2	22,3	24,3	26,3	72,9	24,3
Сума		122,9	131,3	145,8	400,0	22,2

Результати дисперсійного аналізу

Дисперсія	Сума квадратів	Ступінь свободи	Середній квадрат	Відношення дисперсій	
				F _ф	F ₀₅
Загальна	Sy	17			
Повторень	Sp	2			
Варіантів	Sv	5	8,4	7,96	3,53
Фактору А	Ca	2	8,3	7,82	4,35
Фактору В	Cb	1	24,04	22,69	5,32
Фактору АВ	Cab	2	0,77	0,72	4,35
Інші	Cz	10	1,059		

HIP_{05} заг.	1,63	фактору А	0,81	фактору В	0,73
Точність дослід, %	2,32%		t_{05}	2,23	

Додаток Д. Технологічна карта

Культура	Соя	Норма висіву, кг/га	90	Гезагард, 2 л/га	Ризоактив, 2 л/т
Сорт	Золушка	Всього насіння, т	9	Харнес 1,5 л/га	Наніт Біо, 1,5 л/га
Попередник	Озима пшениця	Система удобрення	P ₄₀ K ₄₀	Базагран, 2,5 л/га	Урожайність, т/га
Площа, га	100	Всього туків, т	35	Фузілат-форте 0,8 л/га	1,67
					Валовий збір, т
					167

№	Найменування робіт	Од. вим.	Обсяг робіт		Склад агрегату		Обслуговуючий персонал					Норма виробітку	Кількість нормозмін	Заграти праці, люд-год		Оплата праці, грн		Разом витрат на оплату праці, грн	Пальне		Всього загат, грн		
			у фіз.од.	в умов.га	трактори, автотоб.	с-г. машини	трактористи-машиністи			робітники ручної праці				механізатори	інші	механізатори	інші		на од.роб.	всього		Вартість, всього грн	
							кількість	розряд роботи	Розцінка, грн/га	кількість	розряд роботи												Розцінка, грн/га
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	Лущення стерні	га	100	26,7	MT3-80	ЛДГ-10	1	III	9,58				21	4,8	38,1		957,7		957,7	3,1	310	15500	16458
2	Оранка на 28-30 см	га	100	224	T-150	ПЛН-5-35	1	VI	51,13				5,9	16,9	135,6		5113,2		5113,2	19,3	1930	96500	101613
3	Навантаження міндобри	т	35		вручну					2	II	17,7	8	4,4		70,4		1246,1	1246,1				1246
4	Транспортування міндобри	т	35		ГАЗ-53		1		23,55				погод.	2,2	17,6		42,1		42,1		23	1150	1192
5	Внесення міндобри	га	100	12,4	MT3-80	РМГ-4	1	IV	5,03				45	2,2	17,8		502,8		502,8	1,6	160	8000	8503
6	Ранньовесняне боронування	га	100	15,5	T-150	C-18+БЗСС-1	1	V	3,05	1	IV	2,06	85,2	1,2	9,4	7,0	304,9	205,8	510,7	1,3	130	6500	7011
7	Транспортування води і пестицидів	т	40		ГАЗ-53		1		23,55				погод.	3,1	18,8		44,8		44,8		25	1250	1295
8	Внесення гербіцидів	га	100	13,1	MT3-80	ОП-2000	1	VI	7,07	1	IV	4,11	32	3,1	18,8	18,8	707,1	411,0	1118,1	1,05	105	5250	6368
9	Передпосівна культивування	га	100	43,7	T-150	2КПС-4	1	V	8,60	2	III	5,16	30,2	3,3	26,5	53,0	860,1	1032,6	1892,7	4,5	450	22500	24393
10	Навантаження насіння	т	9		вручну					2	II	35,4	4	7,0		112,7		1994,4	1994,4				1994
11	Транспортування насіння	т	9		ГАЗ-53		1		23,55				погод.	7,0	56,3		134,6		134,6		19	950	1085
12	Сівба	га	100	33,8	ЮМЗ-6Л	СЗ-3,6	1	V	18,29	1	III	8,24	14,2	7,0	56,3	56,3	1829,3	823,5	2652,8	2,9	290	14500	17153
13	Коткування посіву	га	100	22,4	MT3-80	ЗККШ-6	2	IV	4,52				50	2,0	32,0		905,0		905,0	1,9	190	9500	10405
14	Транспортування води і отрутохімікатів	т	40		ГАЗ-53		1		23,55				погод.	3,1	18,8		44,8		44,8		25	1250	1295
15	Внесення гербіцидів	га	100	13,1	MT3-80	ОП-2000	1	VI	7,07	1	IV	4,11	32	3,1	18,8	18,8	707,1	411,0	1118,1	1,05	105	5250	6368
16	Міжрядний обробіток	га	100	37,2	ЮМЗ-6Л	КРН-4,2	1	IV	17,54				12,9	7,8	62,0		1753,8		1753,8	3,3	330	16500	18254
17	Збирання врожаю	га	100		СК-5		2	VI	42,49				7,1	14,1	225,35		8498,0		8498,0	13,2	1320	66000	74498
18	Транспортування зерна	т	167		ГАЗ-53		1		23,55				погод.	14,1	112,7		269,3		269,3		104	5218,75	5488
19	Первинна очистка зерна	т	167		ОВП-20А		1	V	8,66	4	III	5,20	30	5,6	44,5	178,13	2024,4	3471,8	5496,2	кВт-год	445	2227	7723
	Разом по культурі			442											909	515	24699	9596	34295		5516	275819	312341

Розрахунок витрат та економічної ефективності вирощування культури

Оплата праці	Сума, грн
Пряма	34295
Підвищена	8574
Нарахування на заробітну плату	12775
Разом	55644

Показник	Сума, грн
Виробничі витрати на 1 га	16005
Умовно-чистий дохід на 1 га, грн	15725
Затрати праці на 1 ц, люд-год	8,5
Повна собівартість 1 ц	9583,9
Рівень рентабельності, %	98,2

Види витрат	Сума, грн	Витрати на:		Структура витрат, %
		1 га	1 ц	
Насіння	198000	1980	1185,6	12,4
Добрива мінеральні	-	-	-	-
в т.ч. фосфорні	294000	2940,0	1760,5	18,4
калійно-магнієве	213000	2130,0	1275,4	13,3
Засоби захисту рослин	-	-	-	-
Ризоактив, 2 л/т,	4392	43,9	26,3	0,3
Наніт Біо, 1,5 л/га	22500	225,0	134,7	1,4
Гезагард, 2 л/га	33800	338,0	202,4	2,1
Харнес 1,5 л/га	24750	247,5	148,2	1,5
Базагран, 2,5 л/га	60500	605,0	362,3	3,8
Фузілат-форте 0,8 л/га	55120	551,2	330,1	3,4
Електроенергія	2227	22,3	13,3	0,1
ПММ	275819	2758,2	1651,6	17,2
Оплата праці	55644	556,4	333,2	3,5
Амортизація	30000	300,0	179,6	1,9
Витрати на ремонт	75000	750,0	449,1	4,7
Страхові платежі та фіксований податок	35000	350,0	209,6	2,19
Всього прямих витрат	1379751	13798	8262,0	86,2
Накладні витрати	220760	2208	1321,9	13,8
Всього виробничих витрат	1600511	16005,1	9583,9	100