

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 фону живлення та норм висіву на продуктивність сої в Степу України

Виконав здобувач вищої освіти
II курсу, групи АГ-24-М-2
ОПП «Агрономія»
спеціальності 201«Агрономія»
_____ Володимир Марченко
«__»_____ 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

Марченку Володимиру

1. Тема роботи Вплив фону живлення та норм висіву на продуктивність сої в Степу України
2. Керівник роботи Шепілова Т.П., кандидат с.-г. наук, доцент затверджений наказом ЦНТУ «22» вересня 2025 року № 68-13
3. Строк подання роботи до захисту _____
4. Мета та завдання кваліфікаційної роботи. Встановити ефективність застосування добрив та інокуляції за різних норм висіву для сорту сої Ромашка.

Завдання:

- вивчити вплив добрив та норм висіву на польову схожість насіння та густоту стояння рослин;
- визначити масу рослин, площу листової поверхні та симбіотичну активність сої залежно від дії добрив та норм висіву;

- встановити вплив добрив та норм висіву на формування елементів структури врожаю;
- визначити урожайність та економічну ефективність вирощування сої залежно від дії добрив та норм висіву.

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

_____ Володимир Марченко

ВСТУП.....	
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД СУЧАСНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ЩОДО ВЗАЄМОДІЇ НОРМ ВИСІВУ, ІНОКУЛЯЦІЇ ТА ПРИПОСІВНОГО ЖИВЛЕННЯ У ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ СОЇ.....	
1.1. Цінність сої у світовому сільському господарстві та її роль у продовольчій безпеці.....	
1.2. Оптимізація норм висіву та системи живлення сої для підвищення врожайності.....	
РОЗДІЛ 2. ХАРАКТЕРИСТИКА МІСЦЯ ТА УМОВ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	
2.1. Організаційно-економічні умови місця проведення досліджень.....	
2.2. Ґрунтово-кліматичні та погодні умови місця проведення досліджень.....	
РОЗДІЛ 3. ВПЛИВ УДОБРЕННЯ ТА НОРМ ВИСІВУ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ СОЇ.....	
3.1. Методика досліджень.....	
3.2. Аналіз результатів досліджень щодо впливу добрив та норм висіву насіння на продуктивність сої.....	
3.2.1. Результати фенологічних спостережень.....	
3.2.2. Схожість насіння сої залежно від ролі добрив та зміни норм висіву.....	
3.2.3. Особливості біометричних параметрів сої залежно від живлення та густоти посіву.....	
3.2.4. Вплив добрив та норм висіву на утворення бульбочок сої..	
3.2.5. Аналіз елементів структури врожаю сої залежно від дії добрив та зміни норм висіву.....	
3.2.6. Врожайність сої за зміни фону живлення та норм висіву....	

РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ВИРОЩУВАННЯ СОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД ФОНУ ЖИВЛЕННЯ ТА НОРМ ВИСІВУ.....	
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ДОВКІЛЛЯ ПРИ ЗАСТОСУВАННІ ДОБРИВ.....	
5.1. Організація служби охорони праці.....	
5.2. Техніка безпеки при внесенні мінеральних добрив.....	
ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ.....	
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	
ДОДАТКИ.....	

ВСТУП

Актуальність теми. Соя є стратегічно важливою білково-олійною культурою світового значення та ключовим джерелом високоякісного рослинного білка для харчової промисловості й тваринництва. Завдяки своїй здатності до біологічної фіксації азоту, соя відіграє вирішальну роль у підвищенні родючості ґрунтів та мінімізації потреби у придбаному азоті, що робить її фундаментальним елементом стійкого землеробства.

Правильний підбір норми висіву сої має критичне економічне та агрономічне значення, оскільки він визначає оптимальну густоту стояння рослин, яка повинна гармонійно відповідати доступному фону живлення. При недостатньому забезпеченні елементами живлення доцільно використовувати помірні або менші норми висіву, щоб мінімізувати конкуренцію між рослинами за вологу та елементи, максимізуючи при цьому індивідуальну продуктивність. Натомість, при застосуванні додаткового мінерального живлення, підвищення норми висіву часто дозволяє повністю використати потенціал ґрунту та внесених добрив, максимізуючи загальний урожай. Коригування норми висіву є ключовим елементом високоефективної технології, що дозволяє оптимізувати витрати на насіння та забезпечити більшу ефективність удобоення.

Тому, вивчення впливу фону живлення та норм висіву на 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 добрив та інокуляції за різних норм висіву для сорту сої Ромашка.

Для реалізації цієї мети необхідно було вирішити такі завдання:

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

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

Предмет досліджень – сорт сої Ромашка.

Наукова новизна отриманих результатів. Вперше в умовах Степу України для сорту сої Ромашка визначено ефективність застосування добрив та інокуляції за різних норм висіву. 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 насінневі цілі.

Отримані результати досліджень дозволили автору роботи рекомендувати для умов Степу України проводити сівбу сорту сої Ромашка з нормою висіву 500 тис./га та інокуляцію насіння Біо-Мінераліс, що забезпечить вищу врожайність – 15,4 ц/га, прибавку врожаю – 1,8 ц/га (13,2%), умовно чистий дохід – 14072,1 грн./га та високий рівень рентабельності – 92,7%.

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» Академія 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 фону живлення та норм висіву на продуктивність сої в Степу України» (м. Кропивницький: АПН, 2025 р.).

РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД СУЧАСНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ЩОДО ВЗАЄМОДІЇ НОРМ ВИСІВУ, ІНОКУЛЯЦІЇ ТА ПРИПОСІВНОГО ЖИВЛЕННЯ У ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ СОЇ

1.1. Цінність сої у світовому сільському господарстві та її роль у продовольчій безпеці

Соя відіграє ключову роль у світовому сільському господарстві та продовольчій безпеці, будучи одним з основних джерел рослинного білка та олії. Її універсальність зумовлює широке застосування як у харчовій промисловості для виробництва різноманітних продуктів, включаючи тофу, соєве молоко та замітники м'яса, так і в якості важливого компонента кормів для тваринництва, забезпечуючи глобальний ланцюг постачання м'ясом та молочними продуктами. Крім того, соя є цінною експортною культурою для багатьох країн, сприяючи їхньому економічному розвитку та забезпечуючи мільйони робочих місць у сільськогосподарському секторі та суміжних галузях. Її здатність фіксувати атмосферний азот у ґрунті також робить її важливою складовою сталого землеробства, зменшуючи потребу у використанні синтетичних добрив та сприяючи збереженню родючості ґрунтів у світовому масштабі [1, 2].

Соя має надзвичайно важливе значення для України, виступаючи не лише як цінна сільськогосподарська культура, але й як вагомий фактор економічної та екологічної стабільності. Завдяки високому вмісту білка та олії, соя є ключовою складовою харчової промисловості та кормової бази для тваринництва, забезпечуючи країну якісними рослинними білками та жирами. Крім того, зростаючий попит на сою на світовому ринку робить її важливою експортною культурою, що сприяє збільшенню валютних надходжень та зміцненню позицій України як аграрної держави [3-5].

Окрім економічних переваг, вирощування сої відіграє важливу роль у підтриманні здоров'я ґрунтів та збереженні біорізноманіття. Як бобова культура, соя збагачує ґрунт азотом, зменшуючи потребу у використанні азотних добрив та сприяючи сталому землеробству. Її вирощування в сівозміні допомагає покращити структуру ґрунту, запобігає його виснаженню та ерозії, що є особливо важливим в умовах інтенсивного сільського господарства. Таким чином, соя є не просто прибутковою культурою, а й важливим елементом екологічно відповідального господарювання в Україні.

На світовій арені соя займає значні площі, сягаючи, за різними оцінками, близько 70-90 мільйонів гектарів. Лідерами за цим показником традиційно є США, Бразилія та Аргентина, які сумарно займають більшу частину світових посівних площ під цією культурою. Ці країни забезпечують основний обсяг виробництва сої, що використовується як для внутрішнього споживання, так і для експорту в інші регіони світу [4, 6].

В Україні площі під соєю значно скромніші, але демонструють стабільне зростання протягом останніх десятиліть. Якщо на початку 2000-х років вони становили лише кілька сотень тисяч гектарів, то в останні роки сягали вже понад 1-2 мільйони гектарів. У 2024 році посівні площі під соєю в Україні, за різними оцінками, становили близько 2,0-2,6 мільйонів гектарів, що стало одним з найвищих показників за історію країни. Це зростання зумовлене як внутрішнім попитом на сою для харчової та кормової промисловості, так і її привабливістю як експортної культури. Україна поступово зміцнює свої позиції на світовому ринку сої, хоча її частка все ще залишається значно меншою порівняно з провідними світовими виробниками [7, 8].

У 2024 році Кіровоградська область продемонструвала значне зростання площ, відведених під сою. За даними Головного управління статистики у Кіровоградській області, посівні площі сої сягнули 150,9 тисяч гектарів, що становить 154,5% порівняно з попереднім 2023 роком. Це

суттєве збільшення відображає зростаючий інтерес аграріїв регіону до цієї культури.

Загалом, у 2024 році в Кіровоградській області спостерігалось зменшення загальних посівних площ зернових та зернобобових культур на 4,5% порівняно з 2023 роком, проте площі під технічними культурами зросли на 5,3%. Саме соя стала однією з основних культур, що зумовила це зростання, поряд із соняшником, площі під яким також збільшилися. Таке переорієнтування може бути пов'язане з економічною привабливістю сої та її значенням для сівозміни [3, 9].

1.2. Оптимізація норм висіву та системи живлення сої для підвищення врожайності

Результати досліджень останніх років підтверджують значний вплив норм висіву на продуктивність сої, проте оптимальна густина посіву є динамічним показником, що залежить від численних факторів. Дослідження показують, що як надмірно низькі, так і надмірно високі норми висіву можуть призвести до зниження врожайності [8, 10].

Загущення посівів призводить до посилення конкуренції між рослинами за світло, вологу та поживні речовини, що може обмежувати формування генеративних органів та зменшувати кількість бобів на рослину за даними Ніжеголенко Т. П. та ін. [11]. З іншого боку, занадто низька густина посіву може не повністю використовувати потенціал площі, призводячи до недобору врожаю [12].

Ряд досліджень вказує на те, що оптимальні норми висіву для сої в умовах України коливаються в межах 450-700 тис. схожих насінин на гектар залежно від сорту, регіону вирощування та наявності вологи [13-15].

Зокрема, в умовах достатнього зволоження Лісостепу оптимальною вважається густина 400-550 тис./га, а в посушливих умовах Степу – 300-450

тис./га [6]. Для ранньостиглих сортів рекомендують вищі норми висіву (600-750 тис./га), ніж для середньо- та пізньостиглих (350-600 тис./га) [14, 16].

Дослідження в північному Степу України рекомендують для сорту Аннушка норму висіву 700 тис. насінин/га для досягнення високих врожаїв [17]. Інші дослідження в цьому регіоні вказують на оптимальну норму 500 тис./га за широкорядного способу сівби (45-70 см), а збільшення норми до 600 тис./га призводило до зниження врожайності [13].

Збільшення норми висіву зазвичай призводить до зменшення кількості бобів на одній рослині, маси 1000 насінин та висоти прикріплення нижнього бобу [11]. Проте, за рахунок збільшення кількості рослин на одиницю площі, загальна врожайність може зростати до певної межі. Подальше загущення призводить до зворотного ефекту.

Дослідження також показують, що ширина міжрядь може взаємодіяти з нормою висіву. За вузькорядного посіву (15 см) оптимальною може бути вища норма висіву порівняно з широкорядним (45-70 см) [18].

Отже, оптимальна норма висіву сої є важливим елементом технології вирощування, що суттєво впливає на кінцеву продуктивність. Вибір норми повинен базуватися на комплексному аналізі сортових особливостей, агрокліматичних умов регіону, наявності вологи, типу ґрунту та обраної технології вирощування. Результати останніх досліджень підкреслюють необхідність адаптивного підходу до визначення оптимальної густоти посіву для конкретних умов господарювання з метою максимальної реалізації потенціалу врожайності сої.

Дослідження останніх років підтверджують позитивний вплив як мінерального живлення (NPK), так і біологічної фіксації азоту (інокуляції) на ріст, розвиток та врожайність сої, проте оптимальні стратегії їх застосування залежать від агрохімічних показників ґрунту та наявності симбіотичних бактерій.

Інокуляція насіння сої препаратами *Bradyrhizobium japonicum* є ключовим агрозаходом, особливо на ґрунтах, де соя вирощується вперше або

тривалий час не культивувався. Ефективна симбіотична фіксація атмосферного азоту може забезпечити рослини значною частиною необхідного азоту, зменшуючи потребу у внесенні азотних добрив [19].

Дослідження демонструють, що інокуляція сприяє кращому розвитку кореневої системи, збільшенню кількості та маси бульбочок на коренях, підвищенню вмісту білка в насінні та зростанню врожайності сої на 10-30% і більше, залежно від умов [20, 21].

Навіть на ґрунтах з наявністю аборигенних ризобій, застосування високоактивних штамів інокулянтів може бути ефективним для підвищення продуктивності сої [22].

Забезпечення сої фосфором та калієм є важливим для її росту та розвитку на всіх етапах вегетації. Фосфор стимулює розвиток кореневої системи, цвітіння та формування бобів, а калій підвищує стійкість рослин до стресів, покращує транспортування поживних речовин та якість насіння [23].

Внесення азотних добрив на початкових етапах росту може бути виправданим на бідних азотом ґрунтах або при недостатній ефективності інокуляції. Проте надмірне азотне живлення може пригнічувати симбіотичну фіксацію азоту [24].

Оптимальні дози NPK залежать від агрохімічного аналізу ґрунту та планової врожайності. Дослідження показують, що на ґрунтах з достатнім вмістом фосфору та калію, основний акцент слід робити на інокуляції для забезпечення азотом [25].

Комплексне застосування інокуляції та збалансованого мінерального живлення є найбільш ефективним підходом для досягнення високих та стабільних врожаїв сої. Інокуляція забезпечує рослини основним елементом живлення – азотом – біологічним шляхом, а внесення фосфорних та калійних добрив створює сприятливі умови для росту та розвитку рослин і оптимізує процес азотфіксації [26].

Наприклад, дослідження показують, що внесення невеликих стартових доз азоту може стимулювати ріст молодих рослин до моменту активізації роботи бульбочкових бактерій [27].

Отже, сучасні дослідження підтверджують важливість як інокуляції, так і збалансованого внесення NPK для підвищення продуктивності сої. Інокуляція є екологічно безпечним та економічно вигідним способом забезпечення рослин азотом, особливо на бідних ґрунтах. Внесення азоту, фосфору та калію є необхідним для оптимального росту та розвитку. Інтегрований підхід, що враховує агрохімічні особливості ґрунту та біологічні потреби рослин, є запорукою отримання високих та якісних врожаїв сої.

РОЗДІЛ 2. ХАРАКТЕРИСТИКА МІСЦЯ ТА УМОВ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

Північні райони Степу України нерідко стикаються зі значними метеорологічними викликами, особливо навесні і влітку. У цей період відбувається стрімке зростання температурних показників у поєднанні зі швидкою втратою вологи з ґрунту. Ці фактори є критично важливими для забезпечення рівномірного проростання насіння сої. Будь-яке зволікання з оптимальними термінами посіву значно знижує шанси на збереження достатнього рівня ґрунтової вологи, що, своєю чергою, ускладнює отримання дружних та синхронних сходів культури. У зв'язку з цим, надзвичайно актуальним стає вивчення ефективності застосування добрив. Біопрепарати виступають потужним чинником, що сприяє активізації симбіотичних взаємодій між рослинами та мікроорганізмами. Завдяки цьому, рослини отримують доступ до цінних стимулюючих сполук, життєво важливих вітамінів та фітогормонів, що значно покращує їх розвиток та стійкість до несприятливих умов.

2.1. Організаційно-економічні умови місця проведення досліджень

Дослідження проводилось у ФГ «Марченка В. М.», яке розташовується в с. Губівка, Кропивницького району Кіровоградської області. Відстань від господарства до м. Кропивницький становить 23 км.

Вид діяльності господарства полягає у вирощуванні зернових, бобових і олійних культур. Загальна площа господарства становить 53,8 га. Усі земельні угіддя господарства є ріллею, призначеною для товарного сільськогосподарського виробництва.

В господарстві вирощуються такі культури: соняшник, кукурудза на зерно, озима пшениця, соя. Економічна вигода від вирощування цих культур полягає у їх високому ринковому попиті, потенціалі для значної врожайності та можливості диверсифікації ризиків для господарства.

Застосовується польова сівозміна : 1) озима пшениця; 2) соя; 3) кукурудза на зерно; 4) соняшник.

Площа та урожайність культур в роки проведення досліджень наведена в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1

Урожайність та площа сільськогосподарських культур у
ФГ «Марченка В. М.» (2024-2025 рр.)

Культура	Урожайність, ц/га		Площа, га	
	2024	2025	2024	2025
Соя	11	16	10	16
Озима пшениця	46	-	16	18
Кукурудза	33	41	9,8	10
Соняшник	21	24	18	9,8

З даних таблиці 2.1 можна відзначити, що у 2024 році господарство стикнулося з досить низькими показниками врожайності культур, особливо враховуючи потенціал регіону. Врожайність сої на рівні 11 ц/га та кукурудзи 33 ц/га є суттєво нижчою за середні показники, які можна очікувати від сучасних агротехнологій та сприятливих умов. Це може свідчити про вплив несприятливих погодних умов у 2024 році, нестачу вологи або ефективних добрив та необхідність вдосконалення агротехнічних прийомів. Показники 2025 року демонструють позитивну динаміку. Відмічається значне зростання врожайності по культурах: соя зростає майже на 45% (з 11 до 16 ц/га), кукурудза – більш ніж на 24% (з 33 до 41 ц/га), а соняшник – на 14% (з 21 до 24 ц/га). Це свідчить про ефективне впровадження нових агротехнологій, оптимізацію використання ресурсів, покращення погодних умов.

Ефективність функціонування будь-якого суб'єкта господарювання значною мірою формується під впливом ґрунтово-кліматичних та економічних факторів. Важливу роль також відіграють наявність висококваліфікованого персоналу та міцна матеріально-технічна база. Саме

від забезпечення господарства сучасною та якісною агротехнікою безпосередньо залежить рівень майбутніх прибутків, адже вона є ключовим інструментом для оптимізації виробничих процесів та підвищення врожайності.

На балансі підприємства перебуває наступна сільськогосподарська техніка: трактор ХТА-200 («Слобожанець») та МТЗ-892, комбайн Vicon Z110, плуг ПБЛ 5-40 А, дискова борона БДФП-2,4, культиватор Деметра КПС-6, сівалки СЗ-3,6, Фаворіт СУПН-8, оприскувач ОП-2000. Підприємство володіє достатнім та різноманітним парком сільськогосподарської техніки, що включає трактори, комбайн, плуг, борону, культиватор, сівалки та оприскувач, що свідчить про його готовність до ефективного виконання широкого спектру агротехнічних робіт та забезпечення виробничих процесів.

2.2. Ґрунтово-кліматичні та погодні умови місця проведення досліджень

Кіровоградська область розташована у чорноземній підзоні північного Степу. Тут домінують звичайні чорноземи. Ці ґрунти є одними з найродючіших, що створює високий агропромисловий потенціал для розвитку сільського господарства в регіоні, особливо для вирощування зернових, олійних та бобових культур.

Ґрунтовий покрив на дослідних ділянках представлений чорноземом звичайним середньогумусним. Цей ґрунт має високу потенційну родючість. Крім того, він є слабозмитим, що вказує на помірний рівень ерозійних процесів, і має важкосуглинковий механічний склад. Така структура забезпечує добру водоутримуючу здатність, але може вимагати ретельнішого обробітку для оптимального росту культур.

Формування цих ґрунтів відбувалося під впливом лучної степової рослинності в умовах нестабільного атмосферного зволоження, типового для даної зони, на карбонатних лесових породах. Сучасне скорочення обсягу

опадів та посилення випаровування вологи призводять до негативних наслідків, зокрема до зменшення глибини проникнення вологи в ґрунтовий профіль і, як наслідок, до обмеження поширення кореневої системи рослин.

Цей тип ґрунту характеризується високою насиченістю основами та значним вмістом калію, що є ключовим для живлення рослин. Він вирізняється нейтральною реакцією рН, створюючи оптимальні умови для більшості сільськогосподарських культур. Завдяки цим характеристикам, ґрунт володіє надзвичайно сприятливими агрономічними та фізико-хімічними властивостями, що робить його ідеальним для успішного культивування широкого спектру сільськогосподарських культур.

Аналіз ґрунтових зразків з дослідних ділянок виявив такі ключові агрохімічні показники: вміст гумусу становить 4,4%, що свідчить про високу органічну складову та потенційну родючість. Забезпеченість основними елементами живлення характеризується наступними даними: легкогідролізованого азоту – 10,6 мг/100 г ґрунту, рухомого фосфору – 12,6 мг/100 г ґрунту, а обмінного калію – 13,4 мг/100 г ґрунту. Ці показники вказують на середній або достатній рівень доступних форм елементів для більшості сільськогосподарських культур.

Щодо кислотності та ємності поглинання, реакція ґрунту є нейтральною ($pH_{\text{сол.}} = 7,1$), що є оптимальним для засвоєння поживних речовин рослинами. Гідролітична кислотність перебуває на низькому рівні 0,5 мг-екв. на 100 г сухого ґрунту, а ступінь насичення основами досягає 92%, при сумі увібраних основ 37,5 мг-екв./100 г ґрунту. Ці показники підтверджують високу буферність ґрунту та його сприятливі хімічні властивості, що забезпечують стабільні умови для розвитку кореневої системи та ефективного росту рослин.

Кіровоградська область розташована в зоні, що характеризується помірно-континентальним кліматом. Для цієї території властиві значні температурні коливання протягом року – від морозних зим до спекотного літа. Крім того, регіон відзначається суттєвими змінами погодних умов у

різні сезони, що зумовлює певну непередбачуваність для сільськогосподарського виробництва та вимагає адаптивних підходів у веденні агробізнесу.

Протягом весняного та літнього періодів у регіоні часто спостерігаються суховії, що може негативно впливати на розвиток сільськогосподарських культур через посилене випаровування вологи. Крім того, у квітні та травні нерідко фіксуються незначні нічні заморозки, які становлять ризик для ранніх сходів теплолюбних рослин. Характерною особливістю весни є також переважання вітрів східного напрямку, що додатково викликає висушуванню верхніх шарів ґрунту.

Середньорічна кількість опадів у регіоні становить 499 мм. При цьому, характерною особливістю літнього періоду є зливовий характер опадів, ефективність яких для ґрунтового зволоження є незначною через швидке стікання та випаровування. Отже, ключові запаси вологи у ґрунті формуються переважно за рахунок опадів, що є восени, взимку та навесні, і підкреслює критичну важливість цих періодів для забезпечення вологою сільськогосподарських культур.

За багаторічними спостереженнями, середньорічна температура повітря в регіоні становить $+8,0^{\circ}\text{C}$. Кліматично найхолоднішим місяцем є січень, з середньою температурою $-5,7^{\circ}\text{C}$, тоді як найтеплішим визнано липень, коли стовпчик термометра сягає в середньому $+20,0^{\circ}\text{C}$. Така амплітуда температур відображає помірно-континентальний клімат, що впливає на тривалість вегетаційного періоду та вибір сільськогосподарських культур.

Вегетаційний період у даному регіоні триває від 206 до 215 діб, що забезпечує достатньо часу для вирощування широкого спектру сільськогосподарських культур. Безморозний період становить 158-166 діб, мінімізуючи ризики пошкодження рослин весняними чи осінніми заморозками. Загальна сума активних температур вище $+10^{\circ}\text{C}$ сягає 2895°C , а ефективних температур – 1148°C . Ці показники підтверджують сприятливі

теплові умови, що дозволяють рослинам повноцінно розвиватися та формувати високий урожай.

Сучасні кліматичні зміни зумовлюють помітне скорочення обсягів опадів порівняно з попередніми періодами. Водночас спостерігається зростання середньомісячних температур повітря протягом усього вегетаційного періоду сої. Це призводить до того, що випаровуваність значно перевищує річну суму опадів, і ця тенденція до збільшення інтенсивності випаровування посилюється останніми роками. Такі умови створюють серйозні виклики для сільського господарства, особливо для культур, чутливих до водного стресу.

Ключовим фактором, що істотно обмежує потенційну врожайність сої, а також ефективність застосування добрив, є рівень вологозабезпеченості ґрунту. У роки проведення досліджень погодні умови були змінними, що знайшло своє відображення у відповідних даних (табл. 2.2).

Таблиця 2.2

Температура повітря періоду вегетації сої, °С

Рік	Місяці					
	04	05	06	07	08	09
Сер. багаторічна	8,9	15,3	18,6	20,0	19,4	14,7
2024 рік	14,4	16,1	22,7	26,3	24,2	19,1
Відхилення від середньої багаторічної	+5,5	+0,8	+4,1	+6,3	+4,8	+4,4
2025 рік	12,7	15,4	20,5	25,7	23,0	18,6
Відхилення від середньої багаторічної	+3,8	+0,1	+1,9	+5,7	+3,6	+3,9

Найбільші відхилення температури від середніх значень відмічались у 2024 р. Так, у квітні перевищення становило 5,5 °С, червні – 4,1 °С, липні і серпні відповідно – 6,3 та 4,8 °С.

У 2025 р. температура повітря теж перевищувала середньобагаторічні показники на 1,9-5,7 °С, що дещо менше ніж у попередньому році.

Кількість опадів була меншою від середніх показників, що викликало зниження врожайності сої та інших культур (табл. 2.3).

Таблиця 2.3

Кількість опадів протягом періоду вегетації сої, мм						
Рік	Місяці					
	04	05	06	07	08	09
Сер. багаторічна	36	45	66	72	48	38
2024 рік	53,0	6,0	16,8	3,1	12,0	26,0
Відхилення від середньої багаторічної	+17	-39	-49,2	-68,9	-36	-12
2025 рік	34,0	102,0	27,5	41,0	31,0	34,5
Відхилення від середньої багаторічної	-2	+57	-38,5	-31	-17	-3,5

У 2024 р. відмічено гостру нестачу опадів відносно середніх значень з травня по вересень від 12,0 до 68,9 мм. Протягом липня і серпня випало всього 15,1 мм опадів, що викликало пригнічення росту і погіршення продуктивності рослин.

У 2025 р. у травні кількість опадів перевищила середні дані на 57 мм. Це сприяло активному росту і розвитку сої на початку вегетації. З червня по серпень нестача вологи до усереднених показників була 17,0-38,5 мм, хоча це менше ніж у попередньому посушливому 2024 р.

Таким чином, погодні дані в роки досліджень різнились між собою. Температура повітря була вищою за середньобагаторічні показники. За кількістю опадів менш сприятливим був 2024 р. коли за період з травня по серпень випало 37,9 мм, тоді як у 2025 р. – 201,5 мм, що обумовило суттєву різницю рівня врожайності сої.

РОЗДІЛ 3. ВПЛИВ УДОБРЕННЯ ТА НОРМ ВИСІВУ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ СОЇ

3.1. Методика досліджень

Вивчаючи вплив добрив на норми висіву, протягом 2024–2025 років проводили дослідження за прийнятими методиками [28].

Схема двофакторного польового дослідження, яка деталізована в таблиці 3.1, включала триразову повторність для забезпечення достовірності результатів. Загальна площа кожної ділянки становила 25,2 м². Розміщення ділянок відбувалося рандомізованим методом, що дозволило мінімізувати вплив зовнішніх факторів і забезпечити об'єктивність дослідження.

Таблиця 3.1

Схема дослідження

Фон живлення – ділянки першого порядку	Норми висіву – ділянки другого порядку
Контроль (без добрив)	400 тис./га
	500 тис./га
	600 тис./га
Інокуляція (1,5 л/т)	400 тис./га
	500 тис./га
	600 тис./га
N ₂₀ P ₂₀ K ₂₀	400 тис./га
	500 тис./га
	600 тис./га

Для експерименту був обраний середньостиглий сорт сої Ромашка, що є розробкою Інституту сільського господарства Степу НААН. Сорт рекомендований для вирощування в Степовій та Лісостеповій зонах.

Ромашка є сортом універсального призначення, що робить його придатним для зерно-кормового та харчового використання. Його вегетаційний період складає 120-125 днів, а середня врожайність – 3,1-3,6 т/га.

Сорт Ромашка демонструє високу стійкість до несприятливих погодних умов, зокрема до осипання, вилягання та посухи. Він також стійкий до ураження такими захворюваннями, як бактеріоз, септоріоз, вірусна мозаїка, та пошкодження основними шкідниками. Характерною особливістю сорту є високий вміст протеїну (40-41%) і жиру (20-22%) у насінні, що робить його цінним для переробки.

Сорт належить до індетермінантного типу росту, тобто його зростання не припиняється з початком цвітіння. Рослина має напіввстиснуту форму куща і досягає висоти 82–105 см. Морфологічні особливості включають світло-коричневе опушення, яйцесписоподібні листки, фіолетові квітки та коричневі боби. Насіння має овальну форму, жовте забарвлення і коричневий рубчик. Середня маса 1000 насінин становить 164 г.

У наших дослідженнях агротехніка відповідала загальноприйнятим для зони Степу практикам. Культурою-попередником була озима пшениця. Основний обробіток ґрунту включав лущення стерні на глибину 6–8 см, після чого проводилася оранка на глибину 20–22 см.

Весняний обробіток ґрунту мав на меті збереження вологи, очищення поля від бур'янів та створення оптимальних умов для проростання насіння. Він включав два основні етапи: раннє боронування для запобігання випаровуванню вологи, а також передпосівну культивуацію (з використанням культиватора КПС-6) на глибину 5–6 см, проведену через декілька днів. Цей комплекс заходів дозволив сформувати дрібногрудкувату структуру ґрунту, що сприяло швидкому та дружньому проростанню насіння.

Мінеральні добрива $N_{20}P_{20}K_{20}$ вносили розкидним способом під передпосівну культивуацію. Застосовували нітроамофоску (NPK: 16-16-16) у фізичній вазі 125 кг/га.

Сівбу проводили, коли температура ґрунту на глибині 10 см становила 10–12 °С. Використовувалася технологія з міжряддями 45 см. Норма висіву згідно схеми досліду, а глибина загортання 5–6 см. Інокулянт застосовували за схемою досліду, насіння обробляли в день сівби.

В дослідах застосовували інокулянт Біо-Мінераліс. Він виготовляється українською компанією ТОВ «Мінераліс Україна». Його склад включає суміш азотфіксуючих бактерій *Rhizobium japonicum* з титром 5×10^9 КУО/см³, а також нанокарбоксилати кобальту (Co), молібдену (Mo) і магнію (Mg). Включені до складу мікроелементи значно підвищують енергію проростання насіння, сприяючи швидкому та дружньому з'явленню сходів. Також вони стимулюють активний розвиток кореневої системи та надземної частини рослин.

Для обробки однієї тонни насіння необхідно 1,5 л препарату, розведеного в 8,0–10,0 л робочого розчину. Завдяки наявності у складі біологічного прилипача, препарат добре тримається на поверхні насінини, що забезпечує рівномірне та ефективне нанесення. Після обробки рекомендовано підсушити насіння, щоб запобігти злипанню та можливому зниженню норми висіву.

Важливо враховувати, що робочий розчин не слід зберігати більше однієї доби, оскільки це може знизити його ефективність. Обробку слід проводити на критих майданчиках, захищених від прямих сонячних променів, які можуть негативно вплинути на життєздатність бактерій у складі препарату [29].

Під час досліджень проводили фенологічні спостереження шляхом візуального оцінювання. Настання повної фази розвитку фіксували тоді, коли її ознаки проявлялися у 75% рослин на дослідній ділянці. Цей метод забезпечив об'єктивне визначення ключових етапів вегетації.

Облік густоти рослин здійснювали двічі протягом вегетації: після сходів та на етапі повної стиглості. Підрахунок проводили на спеціально виділених облікових ділянках площею 1 м² на двох повтореннях.

Для обліку кількості бульбочок на коренях сої у фазі цвітіння з кожної ділянки відбирали по п'ять типових рослин. Їх викопували та переносили в лабораторні умови, де проводили підрахунок кількості бульбочок на кореневій системі кожної рослини. Це дало змогу об'єктивно оцінити ефективність симбіотичної азотфіксації.

Для визначення висоти та маси рослин відбір зразків проводили у фазі цвітіння. З кожної дослідної ділянки відбирали по 20 типових рослин на двох повтореннях, що забезпечило репрезентативність вибірки та достовірність отриманих даних.

Для визначення площі листя у фазі цвітіння був застосований метод висічок. Для цього з 20 відібраних рослин відділяли листки. Потім, з 20 випадкових листків за допомогою металевої трубки діаметром 20 мм (з відомою площею), робили висічки. Цей метод дозволив точно розрахувати загальну площу фотосинтезуючої поверхні рослин.

Для аналізу структури врожаю відбирали по 20 рослин з варіантів у I та III повтореннях. У лабораторних умовах проводили детальний аналіз таких параметрів:

- Висота прикріплення першого (нижнього) бобу (у см);
- Загальна кількість бобів на одній рослині (у шт.);
- Загальна кількість насіння на одній рослині (у шт.);
- Маса насіння з однієї рослини (у г).

Для визначення маси 1000 насінин використовувався метод підрахунку двох зразків по 500 штук. Зважування проводилося на електронних вагах з точністю до 0,1 г. Якщо різниця у вазі між зразками перевищувала 3% від їхнього середнього значення, то для уточнення результату зважували третій зразок.

Облік врожаю здійснювався шляхом зважування всього насіння, зібраного з кожної облікової ділянки. Після цього, для статистичної обробки та підтвердження значущості отриманих показників, застосовували дисперсійний аналіз.

Економічну ефективність вирощування визначали відповідно до методичних рекомендацій, зазначених у джерелах [30, 31]. Це дозволило розрахувати рентабельність та інші економічні показники для кожного варіанту досліджу.

3.2. Аналіз результатів досліджень щодо впливу добрив та норм висіву насіння на продуктивність сої

3.2.1. Результати фенологічних спостережень

Адаптивність сортів сої до умов вирощування значною мірою визначається тривалістю їхнього вегетаційного періоду, що безпосередньо впливає на насінневу продуктивність. Довжина цього періоду залежить від специфічних особливостей сорту, екологічних факторів регіону вирощування, а також від застосування добрив.

Фенологічні спостереження за соєю показали, що норми висіву не мають суттєвого впливу на тривалість вегетаційного періоду. Однак, за умови підвищеної густоти стояння рослин (більші норми висіву) спостерігається більш швидке змикання рядків, що може позитивно впливати на подавлення бур'янів. При збільшенні норми висіву можливе незначне скорочення міжфазних періодів [8, 21].

Наведені дослідження свідчать, що мінеральні добрива, як правило, не змінюють тривалість вегетаційного періоду сої. Крім того, був встановлений кореляційний зв'язок між тривалістю вегетації сої та погодними умовами певного року.

У проведених нами дослідженнях із середньостиглим сортом сої Ромашка було встановлено, що інокуляція насіння не вплинула на строки появи сходів.

Ключовим фактором, що впливав на період вегетації та тривалість міжфазних періодів, були погодні умови років досліджень, як показано в

таблиці 3.2. Зокрема, період від сівби до появи сходів у 2024 році становив 10 днів, а в 2025 році — 9 днів.

Таблиця 3.2

Результати фенологічних спостережень

Фази розвитку сої	Календарна дата	
	2024 р.	2025 р.
Сівба	1.05	3.05
Сходи	11.05	12.05
Бутонізація	15.06	13.06
Цвітіння	22.06	24.06
Налив насіння	20.07	23.07
Повна стиглість	1.09	10.09
Вегетаційний період, днів	113	121

У 2024 році період від сходів до бутонізації тривав 34 дні, тоді як у 2025 році він скоротився до 31 дня, що на 3 дні менше. Така різниця у тривалості може бути спричинена погодними умовами, які, зокрема, впливають на інтенсивність росту та швидкість розвитку рослин. Тепліша погода або достатнє зволоження у 2025 році могли прискорити настання фази бутонізації.

Спостереження показали, що цвітіння сої стартувало в третій декаді червня. Період між бутонізацією та повним цвітінням займав від 7 до 11 діб. Етап формування та наливу насіння після цвітіння тривав 28–29 діб. Ці дані свідчать про динаміку розвитку рослин, що є ключовим фактором при прогнозуванні строків дозрівання врожаю.

Найдовшим періодом вегетації є етап від наливу насіння до повної стиглості. У 2025 році він тривав 49 днів. Водночас у 2024 році цей період був значно коротшим — 43 дні. Таке скорочення відбулося через сильну

посуху та повну відсутність опадів протягом критичного етапу наливу насіння, що прискорило його дозрівання.

Тривалість вегетаційного періоду середньостиглого сорту Ромашка суттєво відрізнялася протягом років досліджень. У 2025 році вона склала 121 день, тоді як у 2024 році — 113 днів. Ця різниця в 8 днів, ймовірно, пов'язана з кліматичними особливостями кожного року, зокрема з дефіцитом вологи та високими температурами у 2024 році, що прискорило дозрівання культури.

Отже, наведені дані свідчать про те, що застосування добрив та зміна норм висіву не вплинуло на тривалість вегетаційного періоду сої. Основний фактор, що визначив тривалість вегетації — це погодні умови. Зокрема, у 2025 році період вегетації склав 121 добу, тоді як у 2024 році він скоротився до 113 діб.

3.2.2. Схожість насіння сої залежно від ролі добрив та зміни норм висіву

Польова схожість насіння значною мірою залежить від застосування комплексних мінеральних добрив, які містять азот, фосфор і калій. Ці елементи мають критичне значення для початкового етапу розвитку рослин. Азот сприяє нарощуванню зеленої маси, фосфор стимулює ріст кореневої системи та прискорює проростання, тоді як калій підвищує стійкість культури до несприятливих факторів. Відповідно, правильне внесення добрив забезпечує насіння необхідним живленням, сприяючи підвищенню його енергії проростання, поліпшенню польової схожості та отриманню стабільних, однорідних сходів.

Вплив нітроамофоски на схожість насіння може бути як позитивним, так і негативним, залежно від декількох ключових факторів. Перш за все, критично важливо дотримуватися правильного дозування. Надмірне внесення добрива, особливо якщо гранули контактують безпосередньо з

насінням, може викликати осмотичний стрес: висока концентрація солей у ґрунті витягує вологу з насінини, що перешкоджає її проростанню [10, 18].

Крім того, вологість ґрунту та технологія внесення також мають велике значення. У сухих умовах добриво не розчиняється повністю, створюючи небезпечну для насіння концентрацію солей. Щоб уникнути цього, рекомендується вносити добрива так, щоб між ними та насінною був шар ґрунту. На кінцевий результат також впливають якість насіння, а також температура та хімічний склад ґрунту.

Інокуляція насіння сої спеціальними бактеріальними препаратами, що містять бульбочкові бактерії (*Bradyrhizobium japonicum*), має важливе значення для підвищення польової схожості. Цей процес не лише сприяє фіксації атмосферного азоту, що є ключовим для подальшого росту рослини, але й безпосередньо впливає на ранній етап її розвитку. Бактерії, що заселяють кореневу систему, створюють сприятливе мікробіологічне середовище, яке стимулює активне проростання насіння. Вони виробляють біологічно активні речовини та гормони росту, що сприяють швидшому утворенню коренів і підвищують енергію проростання. Як результат, інокуляція забезпечує отримання дружніх, сильних сходів, які є більш стійкими до несприятливих умов довкілля та хвороб [14, 22].

Збільшення норми висіву сої зазвичай призводить до незначного зниження польової схожості, оскільки зростає конкуренція між рослинами за вологу, світло і поживні речовини вже на ранніх етапах розвитку. Це може послабити окремі паростки і зробити їх більш уразливими до стресових факторів, що, зрештою, зменшує відсоток життєздатних рослин у порівнянні з посіяним насінням.

Таким чином, надмірна густина посіву може негативно позначитися на формуванні кореневої системи та загальній енергії проростання, хоча кількість рослин на одиницю площі може залишатися високою. Це також відмічено в наших дослідженнях (табл. 3.3).

Таблиця 3.3

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

Фон живлення	Норми висіву	2024 р.	2025 р.	середнє
Контроль (без добрив)	400 тис./га	33,2	35,6	34,4
	500 тис./га	40,1	43,2	41,7
	600 тис./га	48,7	50,2	49,5
Інокуляція (1,5 л/т)	400 тис./га	34,9	37,8	36,4
	500 тис./га	42,1	45,6	43,9
	600 тис./га	50,1	52,3	51,2
N ₂₀ P ₂₀ K ₂₀	400 тис./га	33,9	34,1	34,0
	500 тис./га	40,9	44,6	42,8
	600 тис./га	49,2	50,1	49,7

Виявлено, що як збільшення норми висіву, так і застосування різних систем живлення, суттєво впливають на густоту рослин сої. У 2024 році густота рослин після сходів на контролі (без добрив) зросла з 33,2 до 48,7 шт./м², а в 2025 році - з 35,6 до 50,2 шт./м². Аналогічна закономірність простежується і в інших варіантах досліду, що підтверджує важливість оптимізації густоти стояння рослин для реалізації потенціалу культури.

Найвищі показники густоти рослин були отримані при застосуванні інокуляції насіння, яка в 2024 році забезпечила максимальний результат у 50,1 шт./м², а в 2025 році — 52,3 шт./м², обидва рази при нормі висіву 600 тис./га. Ці результати були вищими, ніж у варіанті з внесенням мінеральних добрив N₂₀P₂₀K₂₀ (49,2 шт./м² у 2024 р. та 50,1 шт./м² у 2025 р. при тій же нормі висіву). Це свідчить про високу ефективність біологічного азоту, що фіксується бульбочковими бактеріями, та підкреслює економічну доцільність застосування інокуляції як основного елемента живлення сої.

На основі усереднених даних за два роки можна зробити висновок, що густина стояння рослин сої прямо залежить від норми висіву та обраної системи живлення. Найбільш ефективним виявилось застосування інокуляції насіння, яке забезпечило найвищі показники густоти стояння, перевершивши як контроль (без добрив), так і варіант з мінеральними добривами $N_{20}P_{20}K_{20}$. При нормі висіву 600 тис./га середня густина стояння становила 51,2 шт./м² в інокульованому варіанті проти 49,5 шт./м² на контролі. Це підкреслює перевагу біологічного підходу для забезпечення оптимальної густоти рослин та їхнього початкового розвитку.

У 2024 році найвища польова схожість (табл. 3.4) була зафіксована на варіанті з інокуляцією та нормою висіву 400 тис./га, досягнувши 87,3 %. Це підтверджує позитивний вплив бульбочкових бактерій на раннє проростання насіння. Водночас, на всіх фонах живлення спостерігалася тенденція до зниження схожості зі збільшенням норми висіву. Наприклад, на контролі схожість знизилася з 83,0 % до 81,2 % при переході від 400 до 600 тис./га, що вказує на посилення внутрішньовидової конкуренції.

Таблиця 3.4

Польова схожість залежно від добрив та норм висіву, %

Фон живлення	Норми висіву	2024 р.	2025 р.	середнє
Контроль (без добрив)	400 тис./га	83,0	89,0	86,0
	500 тис./га	80,2	86,4	83,3
	600 тис./га	81,2	83,7	82,4
Інокуляція (1,5 л/т)	400 тис./га	87,3	94,5	90,9
	500 тис./га	84,2	91,2	87,7
	600 тис./га	83,5	87,2	85,3
$N_{20}P_{20}K_{20}$	400 тис./га	84,8	85,3	85,0
	500 тис./га	81,8	89,2	85,5
	600 тис./га	82,0	83,5	82,8

У 2025 році загальні показники схожості були значно вищими, ніж у попередньому році. Так, найвища польова схожість була зафіксована знову на варіанті з інокуляцією та нормою висіву 400 тис./га, де вона досягла 94,5%. Навіть на контролі цей показник становив 89,0 % при тій же нормі висіву. Як і в 2024 році, збільшення норми висіву призводило до незначного зниження схожості на всіх фонах живлення, що свідчить про універсальний характер цього ефекту.

На основі усереднених даних за два роки можна зробити висновок, що на польову схожість насіння суттєво впливають як норма висіву, так і система живлення. Збільшення норми висіву від 400 до 600 тис./га в усіх варіантах призводило до стабільного зниження схожості, що пояснюється посиленням конкуренції між рослинами. Найвищі показники середньої польової схожості були досягнуті в групі з інокуляцією насіння, де максимальний результат становив 90,9% (при нормі висіву 400 тис./га). Цей показник значно перевершив показники контрольного варіанта (86,0%) та варіанта з мінеральним добривом $N_{20}P_{20}K_{20}$ (85,0%), що підкреслює переваги біологічного живлення для стимулювання раннього проростання та формування дружніх сходів.

У 2024 році найбільша густина стояння рослин сої перед збиранням була досягнута на ділянках, оброблених інокуляцією, при нормі висіву 600 тис./га, де показник становив 43,5 шт./м² (табл. 3.5). В інших варіантах, як і на контролі, збільшення норми висіву також призводило до зростання кількості рослин, однак інокуляція демонструвала найкращі результати порівняно з контролем та внесенням мінеральних добрив (42,1 шт./м² при тій же нормі висіву).

У 2025 році, як і в попередньому, найвищий показник густоти стояння перед збиранням зафіксовано на варіанті з інокуляцією та нормою висіву 600 тис./га (46,9 шт./м²). Загалом, показники густоти в цьому році були вищими, ніж у 2024. У всіх досліджуваних варіантах спостерігалася пряма залежність між нормою висіву та кількістю рослин перед збиранням. Результати

інокуляції знову перевершили контроль (44,3 шт./м²) та внесення мінеральних добрив (43,8 шт./м²), що підтверджує стабільну перевагу цього агротехнічного прийому в різних погодних умовах.

Таблиця 3.5

Густота стояння рослин сої перед збиранням та виживання рослин залежно від добрив та норм висіву, шт./м²

Фон живлення	Норми висіву	Густота стояння рослин сої перед збиранням, шт./м ²			Вживання рослин (2024-2025 рр.), %
		2024 р.	2025 р.	середнє	
Контроль (без добрив)	400 тис./га	29,4	32,4	30,9	89,8
	500 тис./га	34,8	38,4	36,6	87,8
	600 тис./га	42,1	44,3	43,2	87,3
Інокуляція (1,5 л/т)	400 тис./га	32,4	34,7	33,6	92,3
	500 тис./га	37,1	40,9	39,0	88,9
	600 тис./га	43,5	46,9	45,2	88,3
N ₂₀ P ₂₀ K ₂₀	400 тис./га	29,7	31,5	30,6	90,0
	500 тис./га	35,4	39,4	37,4	87,4
	600 тис./га	42,1	43,8	43,0	86,5

На основі усереднених даних за два роки, можна з упевненістю стверджувати, що густота стояння рослин сої перед збиранням тісно корелює з нормою висіву та обраною системою живлення. Збільшення норми висіву від 400 до 600 тис./га стабільно підвищувало кількість рослин на одиницю площі. Проте, найбільш ефективною виявилася інокуляція насіння, яка забезпечила найвищі показники за всіх норм висіву. Наприклад, при нормі 600 тис./га середня густота стояння становила 45,2 шт./м², що значно перевершило показники контролю (43,2 шт./м²) та варіанта з N₂₀P₂₀K₂₀ (43,0 шт./м²).

В дослідженнях виявлено, що збільшення норми висіву призводить до зменшення відсотка виживання рослин. Ця закономірність спостерігається в усіх варіантах досліду. Так, на контролі середня виживаність знижується з 89,8 % (при нормі 400 тис./га) до 87,3 % (при 600 тис./га). Аналогічно, у варіанті з інокуляцією, відсоток виживання зменшується з 92,3 % до 88,3 %, а з внесенням $N_{20}P_{20}K_{20}$ – з 90,0 % до 86,5 %. Це свідчить про посилення внутрішньовидової конкуренції за ресурси (вологу, поживні речовини, світло) зі зростанням густоти посіву.

Проте, найвищі показники виживання рослин були зафіксовані у варіанті з інокуляцією насіння. При нормі висіву 400 тис./га, інокуляція забезпечила виживаність на рівні 92,3 %, що є найвищим показником серед усіх досліджених варіантів. Це на 2,5 % вище, ніж на контролі (89,8 %), і на 2,3 % вище, ніж при внесенні мінеральних добрив (90,0 %). Навіть при максимальній нормі висіву 600 тис./га, інокуляція показала кращий результат (88,3 %) порівняно з контролем (87,3 %) та $N_{20}P_{20}K_{20}$ (86,5 %).

Таким чином, збільшення норми висіву від 400 до 600 тис./га в усіх варіантах призводило до незначного, але стабільного зниження схожості на 3,6 % у контролі, на 5,6 % при інокуляції та на 2,2 % при внесенні $N_{20}P_{20}K_{20}$, що пояснюється посиленням конкуренції між рослинами. Найвищі показники середньої польової схожості були досягнуті в групі з інокуляцією насіння, де максимальний результат становив 90,9 % (при нормі висіву 400 тис./га). Цей показник значно перевершив показники контрольного варіанта (86,0 %) та варіанта з мінеральним добривом $N_{20}P_{20}K_{20}$ (85,0 %). Застосування інокуляції не лише сприяє кращій польовій схожості, а й значно підвищує загальну виживаність рослин протягом усього вегетаційного періоду, що є ключовим фактором для формування оптимальної густоти стояння перед збиранням врожаю.

3.2.3. Особливості біометричних параметрів сої залежно від живлення та густоти посіву

Використання інокуляції насіння сої з бульбочковими бактеріями позитивно впливає на біометричні показники рослин. Завдяки симбіотичній фіксації атмосферного азоту, що стає доступним рослині на ранніх етапах розвитку, посіви демонструють інтенсивніший ріст. Це призводить до помітного збільшення висоти рослин, нарощування загальної біомаси та, відповідно, більшої площі листкової поверхні. Поліпшення цих параметрів сприяє активізації фотосинтезу, що є основою для формування високого врожаю.

Збільшення норми висіву сої призводить до посилення внутрішньовидової конкуренції між рослинами за ключові ресурси, такі як світло, волога та поживні речовини. Як наслідок, це негативно впливає на індивідуальні біометричні показники кожної рослини. Висота рослин зростає, оскільки рослини змагаються за сонячне світло, витягуючись вгору.

Маса рослини та площа листя при збільшенні норми висіву зменшуються, адже кожна рослина отримує менше ресурсів, що призводить до гіршого розвитку біомаси та обмеження площі листкової поверхні. Це, в свою чергу, знижує ефективність фотосинтезу [16, 25].

Таким чином, хоча загальна біомаса на гектар може зрости, індивідуальні рослини в загущених посівах є слабшими, що може позначитися на кінцевій продуктивності.

У 2024 році спостерігалася чітка закономірність, зі збільшенням норми висіву індивідуальна маса однієї рослини у фазі цвітіння зменшувалась (табл. 3.6). Найвищі показники були зафіксовані при мінімальній нормі висіву 400 тис./га. Найбільшу масу мали рослини, які були оброблені біопрепаратом — 21,1 г, що перевищувало результати як контролю (18,5 г), так і варіанта з внесенням $N_{20}P_{20}K_{20}$ (19,6 г).

Таблиця 3.6

Маса рослин залежно від добрив та норм висіву, г

Фон живлення	Норми висіву	2024 р.	2025 р.	середнє
Контроль (без добрив)	400 тис./га	18,5	33,2	25,9
	500 тис./га	16,3	30,8	23,6
	600 тис./га	15,1	28,1	21,6
Інокуляція (1,5 л/т)	400 тис./га	21,1	35,6	28,4
	500 тис./га	19,3	33,7	26,5
	600 тис./га	17,5	31,4	24,5
N ₂₀ P ₂₀ K ₂₀	400 тис./га	19,6	36,1	27,9
	500 тис./га	17,8	34,1	26,0
	600 тис./га	16,5	30,8	23,7

У 2025 році середня маса однієї рослини була значно вищою, ніж у 2024 році, що, пов'язано з більш сприятливими умовами. Тут також простежується тенденція до зниження маси рослин зі збільшенням норми висіву. Найбільшу масу, 36,1 г, мали рослини, висіяні з нормою 400 тис./га на фоні N₂₀P₂₀K₂₀. Цей показник перевершив інокуляцію (35,6 г) та контроль (33,2 г), що вказує на ефективність мінерального добрива в умовах сприятливого року.

За усередненими даними за два роки, найбільша маса рослини була зафіксована при нормі висіву 400 тис./га у всіх варіантах живлення. Найкращий результат показав варіант з інокуляцією – 28,4 г, що перевищило середні показники як контролю (25,9 г), так і варіанта з N₂₀P₂₀K₂₀ (27,9 г). Це підтверджує, що інокуляція сприяє кращому розвитку окремої рослини та нарощуванню біомаси, забезпечуючи оптимальне живлення на ранніх етапах, що є важливим для формування кінцевого врожаю.

Висота рослин у 2024 році була нижчою, ніж у 2025 році, що може свідчити про менш сприятливі погодні умови (табл. 3.7). Проте, навіть у цих

умовах, збільшення норми висіву призводило до підвищення висоти рослин. Наприклад, на контролі висота зроста з 36,3 см до 39,1 см при збільшенні норми від 400 до 600 тис./га. Найвищий показник (42,2 см) було зафіксовано при застосуванні $N_{20}P_{20}K_{20}$ та нормі висіву 600 тис./га, що свідчить про стимуляційний вплив мінерального живлення в умовах загущеного посіву, де рослини змагаються за світло.

Таблиця 3.7

Висота рослин залежно від добрив та норм висіву, см

Фон живлення	Норми висіву	2024 р.	2025 р.	середнє
Контроль (без добрив)	400 тис./га	36,3	52,1	44,2
	500 тис./га	37,5	54,8	46,2
	600 тис./га	39,1	56,2	47,7
Інокуляція (1,5 л/т)	400 тис./га	37,2	55,4	46,3
	500 тис./га	38,9	56,9	47,9
	600 тис./га	41,5	58,4	50,0
$N_{20}P_{20}K_{20}$	400 тис./га	36,8	56,9	46,9
	500 тис./га	39,7	58,4	49,1
	600 тис./га	42,2	59,5	50,9

У 2025 році як і в попередньому році, збільшення норми висіву сприяло підвищенню висоти рослин. Найкращі результати були досягнуті з використанням $N_{20}P_{20}K_{20}$ при нормі висіву 600 тис./га (59,5 см), хоча інокуляція також показала дуже високий результат (58,4 см). Це підтверджує, що в сприятливих умовах як мінеральне, так і біологічне живлення дозволяє рослинам досягти максимального ростового потенціалу, що виражається у збільшенні висоти.

За усередненими даними за два роки, найбільша середня висота рослин була зафіксована при нормі висіву 600 тис./га, що є типовим явищем для загущених посівів, де рослини конкурують за світло. Найвищий середній

показник був досягнутий при внесенні $N_{20}P_{20}K_{20}$ – 50,9 см, що трохи перевищило результат інокуляції (50,0 см) та контролю (47,7 см). Це вказує на те, що мінеральні добрива мали дещо кращий стимулюючий ефект на ріст рослин у порівнянні з іншими досліджуваними варіантами.

Площа листової поверхні у 2024 році була значно меншою, ніж у 2025 році, але тенденції до впливу добрив та норм висіву були чітко виражені (табл. 3.8). Збільшення норми висіву призводило до зменшення площі листя однієї рослини у всіх варіантах. Проте, застосування інокуляції та мінерального добрива $N_{20}P_{20}K_{20}$ значно підвищувало цей показник. При нормі висіву 400 тис./га, інокуляція дала 621 см², що на 11,7% більше, ніж у контролі (556 см²). Внесення $N_{20}P_{20}K_{20}$ показало 602 см², що на 8,3% більше, ніж у контролі.

Таблиця 3.8

Площа листової поверхні залежно від добрив та норм висіву, см²

Фон живлення	Норми висіву	2024 р.	2025 р.	середнє
Контроль (без добрив)	400 тис./га	556	925	740,5
	500 тис./га	523	902	712,5
	600 тис./га	506	887	696,5
Інокуляція (1,5 л/т)	400 тис./га	621	1021	821,0
	500 тис./га	599	954	776,5
	600 тис./га	562	879	720,5
$N_{20}P_{20}K_{20}$	400 тис./га	602	998	800,0
	500 тис./га	572	954	763,0
	600 тис./га	541	911	726,0

У 2025 році закономірність зі збільшенням норми висіву та зменшенням площі листя однієї рослини зберіглася. Найвищий показник було зафіксовано при інокуляції насіння з нормою висіву 400 тис./га –

1021 см², що на 10,4 % більше, ніж у контролі (925 см²). Варіант з N₂₀P₂₀K₂₀ також показав високий результат – 998 см², перевищивши контроль на 7,9 %.

За усередненими даними, найбільша площа листкової поверхні однієї рослини була зафіксована при мінімальній нормі висіву 400 тис./га. Застосування інокуляції забезпечило найвищий середній показник – 821 см², що на 10,9 % більше, ніж у контролі (740,5 см²). Варіант з N₂₀P₂₀K₂₀ також продемонстрував значне зростання – 800 см², перевищивши контроль на 8,0%. Ці дані свідчать про те, що як інокуляція, так і мінеральні добрива, є ефективними інструментами для підвищення фотосинтетичної активності рослин, що є критично важливим для формування високого врожаю сої.

Отже, найбільша середня маса рослини була зафіксована при нормі висіву 400 тис./га. Найкращий результат показав варіант з біопрепаратом — 28,4 г, що перевищило середні показники як контролю - 25,9 г, так і варіанта з мінеральним добривом - 27,9 г. Це підтверджує, що інокуляція сприяє кращому розвитку окремої рослини та нарощуванню біомаси, забезпечуючи оптимальне живлення на ранніх етапах, що є важливим для формування кінцевого врожаю. Найбільша площа листкової поверхні однієї рослини була зафіксована в розріджених посівах з нормою висіву 400 тис./га. Застосування інокуляції забезпечило найвищий показник – 821 см², що на 10,9 % більше, ніж у контролі (740,5 см²).

Більша висота рослин була зафіксована при нормі висіву 600 тис./га у всіх варіантах дослідження, що є типовим явищем для загущених посівів, де рослини конкурують за світло, вологу та поживні речовини. Найвищий середній показник був досягнутий при внесенні мінеральних добрив — 50,9 см, що трохи перевищило результат інокуляції (50,0 см) та контролю (47,7 см). Це вказує на те, що мінеральні добрива мали дещо кращий стимулюючий ефект на ріст рослин у порівнянні з іншими досліджуваними варіантами.

3.2.4. Вплив добрив та норм висіву на утворення бульбочок сої

Внесення мінеральних добрив, особливо азотних, може мати неоднозначний вплив на формування бульбочок на коренях сої. Забезпечення рослини доступним азотом на ранніх етапах розвитку може тимчасово знизити її потребу в симбіотичній фіксації азоту. Це може призвести до уповільнення процесу утворення бульбочок або зменшення їхньої кількості. Проте, якщо мінеральні добрива вносяться у збалансованих дозах, вони можуть сприяти загальному розвитку рослини та кореневої системи, що опосередковано створює кращі умови для подальшого формування та функціонування бульбочок. Таким чином, вплив залежить від типу добрива, дозування та часу внесення.

Переваги використання мінеральних добрив полягають у забезпеченні швидкого стартового живлення для рослин, що особливо важливо в умовах низької родючості ґрунту або на початкових етапах розвитку, коли бульбочки ще не сформувалися або не досягли максимальної ефективності. Це дозволяє рослинам активно розвиватися та формувати потужну вегетативну масу. Недоліки ж полягають у потенційному пригніченні симбіозу. Надмірні дози азотних добрив можуть сповільнити механізм взаємодії між соєю та бульбочковими бактеріями, що призводить до зменшення кількості та розмірів бульбочок. Це робить рослину залежною від мінерального живлення та знижує її здатність до самостійної фіксації азоту з повітря, що може мати негативні наслідки для загальної продуктивності та економічної ефективності вирощування сої [2, 16].

Інокуляція насіння сої – це ключовий агротехнічний прийом, який істотно збільшує кількість бульбочок на кореневій системі рослин. Завдяки внесенню ефективних штамів бульбочкових бактерій, кількість бульбочок може зрости в кілька разів порівняно з неінокульованими посівами. Згідно з дослідженнями, інокуляція забезпечує утворення понад 80 % бульбочок на коренях сої протягом першого року. Це сприяє активній фіксації

атмосферного азоту, що забезпечує рослину основним елементом живлення, стимулює її ріст і в кінцевому підсумку позитивно впливає на врожайність.

Існують різні погляди на вплив норми висіву сої на утворення бульбочок. З одного боку, при збільшенні норми висіву, посилюється конкуренція між рослинами за вологу, світло та поживні речовини. Це може негативно вплинути на розвиток кореневої системи та, як наслідок, зменшити кількість бульбочок на окремій рослині. З іншого боку, у загущених посівах створюється більш сприятливий мікроклімат, що може сприяти симбіотичній діяльності бульбочкових бактерій. Загалом, оптимальне формування бульбочок спостерігається при помірних нормах висіву, де відсутня надмірна конкуренція, що дозволяє кожній рослині повноцінно розвивати свою кореневу систему та ефективно вступати в симбіоз з бульбочковими бактеріями [17, 23].

У 2024 році кількість бульбочок на рослину у фазі цвітіння була значно меншою порівняно з 2025 роком (табл. 3.9). Виявлено, що зі збільшенням норми висіву кількість бульбочок на одній рослині зменшувалася. Найвищий показник було зафіксовано при використанні інокуляції з нормою висіву 400 тис./га – 27,2 шт./роsl., що на 12,9 % перевищувало контроль (24,1 шт./роsl.). Варіант з $N_{20}P_{20}K_{20}$ показав 25,5 шт./роsl., що також було вище контролю на 5,8 %. Це підтверджує ефективність біологічного живлення в умовах менш сприятливого року.

У 2025 році закономірність зі зменшенням бульбочок при збільшенні норми висіву зберіглася. Лідером знову став варіант з інокуляцією та нормою висіву 400 тис./га – 52,6 шт./роsl., що на 16,4 % перевищувало контроль (45,2 шт./роsl.). Варіант з мінеральним добривом показав 46,2 шт./роsl., що також було вище контролю на 2,2 %. Цей рік особливо демонструє високу ефективність інокуляції.

Таблиця 3.9

Кількість бульбочок залежно від добрив та норм висіву, шт./роsl.

Фон живлення	Норми висіву	2024 р.	2025 р.	середнє
Контроль (без добрив)	400 тис./га	24,1	45,2	34,7
	500 тис./га	22,1	40,1	31,1
	600 тис./га	19,4	36,4	27,9
Інокуляція (1,5 л/т)	400 тис./га	27,2	52,6	39,9
	500 тис./га	25,1	47,8	36,5
	600 тис./га	20,4	42,3	31,4
N ₂₀ P ₂₀ K ₂₀	400 тис./га	25,5	46,2	35,9
	500 тис./га	22,9	39,8	31,4
	600 тис./га	20,6	33,2	26,9

За середніми показниками, найбільша кількість бульбочок на одній рослині спостерігалась при нормі висіву 400 тис./га на різних фонах живлення. Найкращий результат показала інокуляція – 39,9 шт./роsl. Це перевищення становить 15,0 % порівняно з контролем (34,7 шт./роsl.). Варіант з N₂₀P₂₀K₂₀ показав 35,9 шт./роsl., що лише на 3,5 % більше, ніж у контролі. Це свідчить про те, що інокуляція є найбільш ефективним інструментом для стимулювання утворення бульбочок, тоді як мінеральні добрива мають менший вплив на цей процес.

3.2.5. Аналіз елементів структури врожаю сої залежно від дії добрив та зміни норм висіву

Застосування добрив та інокуляції є ключовими факторами, що безпосередньо впливають на елементи структури врожаю сої, а саме на кількість бобів та масу насіння.

Добрива, особливо мінеральні, забезпечують рослину швидким доступом до необхідних поживних речовин на всіх етапах її розвитку. Це сприяє інтенсивному нарощуванню вегетативної маси, що, в свою чергу, створює сприятливі умови для формування більшої кількості квіток та, відповідно, бобів. Застосування фосфорних та калійних добрив є особливо важливим, оскільки вони відіграють ключову роль у формуванні насіння та підвищенні його маси.

Інокуляція забезпечує рослину постійним джерелом біологічно фіксованого азоту. Цей процес є критично важливим для формування репродуктивних органів. Достатня кількість азоту сприяє утворенню більшої кількості бобів на рослині та їхньому повноцінному наповненню. В результаті, інокуляція позитивно впливає на масу насіння, що є одним із найважливіших показників врожайності [5, 21].

Таким чином, застосування добрив та інокуляції дозволяє максимально реалізувати генетичний потенціал сої, забезпечуючи оптимальне формування всіх елементів структури врожаю, що призводить до отримання високих та якісних врожаїв.

Збільшення норми висіву сої має значний, але неоднозначний вплив на елементи структури врожаю та кінцеву масу насіння. З одного боку, підвищення густоти посіву призводить до зростання кількості рослин на одиницю площі, що може збільшити загальний потенціал врожаю. З іншого боку, це посилює внутрішньовидову конкуренцію за ресурси - вологу, світло та поживні речовини [14, 19].

Внаслідок цієї конкуренції, індивідуальні показники продуктивності кожної окремої рослини зазвичай погіршуються, кількість бобів на рослині зменшується. Маса 1000 насінин також, як правило, падає.

Оптимальна норма висіву - це баланс, який дозволяє отримати достатню кількість рослин для високого врожаю, але при цьому не створює надмірної конкуренції, що негативно впливає на формування крупного та якісного насіння.

У 2024 році кількість бобів на одній рослині була меншою, ніж у 2025 році, що пов'язано з менш сприятливими умовами (табл. 3.10). У всіх варіантах відмічалось зниження кількості бобів зі збільшенням норми висіву. Найкращий показник було зафіксовано при застосуванні інокуляції з нормою висіву 400 тис./га – 18,9 шт., що перевищило контроль (17,5 шт.) на 8,0 %. Внесення мінеральних добрив $N_{20}P_{20}K_{20}$ не показало значного зростання порівняно з контролем на цій нормі. Це підкреслює перевагу біологічного живлення в умовах, які можуть бути менш оптимальними.

Таблиця 3.10

Кількість бобів залежно від добрив та норм висіву, шт.

Фон живлення	Норми висіву	2024 р.	2025 р.	середнє
Контроль (без добрив)	400 тис./га	17,5	25,4	21,5
	500 тис./га	15,2	22,1	18,7
	600 тис./га	14,1	20,4	17,3
Інокуляція (1,5 л/т)	400 тис./га	18,9	29,4	24,2
	500 тис./га	17,4	25,4	21,4
	600 тис./га	15,2	22,7	19,0
$N_{20}P_{20}K_{20}$	400 тис./га	17,4	28,9	23,2
	500 тис./га	15,8	26,8	21,3
	600 тис./га	14,5	23,8	19,2

У 2025 році тенденція до зменшення кількості бобів при підвищенні норми висіву була актуальною. Найбільшу кількість бобів на рослині було отримано при застосуванні інокулянту при нормі 400 тис./га – 29,4 шт., що більше за контроль (25,4 шт.) на 15,7 %. Внесення мінеральних добрив показало також високий результат – 28,9 шт., перевищивши контроль на 13,8%. Це свідчить про ефективність обох методів живлення в сприятливих умовах.

За два роки можна констатувати, що кількість бобів на рослині негативно корелює з нормою висіву: чим вища густота, тим менше бобів. Проте, застосування інокуляції дало найвищі результати, при нормі висіву 400 тис./га отримали 24,2 шт. бобів на рослину, що на 12,6 % більше, ніж на контролі (21,5 шт.). Внесення $N_{20}P_{20}K_{20}$ також було ефективним, забезпечивши 23,2 шт. бобів, що на 7,9 % більше, ніж на контролі. Ці результати підтверджують, що інокуляція та мінеральні добрива є ефективними інструментами для підвищення репродуктивної продуктивності сої, але інокуляція демонструє дещо вищий і стабільніший результат.

У ході дослідження було виявлено, що кількість насіння на одній рослині значною мірою залежить як від системи живлення, так і від норми висіву (табл. 3.11).

Таблиця 3.11

Кількість насіння залежно від добрив та норм висіву, шт.

Фон живлення	Норми висіву	2024 р.	2025 р.	середнє
Контроль (без добрив)	400 тис./га	33,1	52,4	42,8
	500 тис./га	29,4	45,3	37,4
	600 тис./га	25,2	42,1	33,7
Інокуляція (1,5 л/т)	400 тис./га	36,9	60,2	48,6
	500 тис./га	33,5	55,4	44,5
	600 тис./га	29,7	46,7	38,2
$N_{20}P_{20}K_{20}$	400 тис./га	32,8	57,2	45,0
	500 тис./га	29,8	56,6	43,2
	600 тис./га	30,3	48,6	39,5

У 2024 році, коли умови були менш сприятливими, найвищий показник було зафіксовано у варіанті з інокуляцією при нормі висіву 400 тис./га – 36,9 шт. Це на 11,5 % більше, ніж на контролі (33,1 шт.).

У 2025 році, при сприятливих умовах, кількість насіння значно зросла. Лідером знову став варіант з інокуляцією та нормою 400 тис./га, де було отримано 60,2 шт. насіння, що перевищило контроль на 14,9 %. Варіант з мінеральними добривами показав також високі результати – 57,2 шт. насіння, що на 9,2 % більше, ніж на контролі.

За два роки застосування інокуляції забезпечує найвищий середній показник – 48,6 шт. насіння при нормі 400 тис./га, що на 13,6 % більше, ніж на контролі (42,8 шт.). Внесення мінеральних добрив також є ефективним, забезпечуючи 45,0 шт. насіння і перевищуючи контроль на 5,1 %. Це підтверджує, що для досягнення максимальної кількості насіння на рослині, необхідно оптимізувати як норму висіву, так і систему живлення, де інокуляція є найбільш ефективним методом.

Аналіз даних за 2024-2025 рр. показує, що маса насіння з однієї рослини залежить як від обраної системи живлення, так і від норми висіву (табл. 3.12). У 2024 році, який був менш сприятливим для росту сої, найбільшу масу насіння (2,56 г) було отримано у варіанті з інокуляцією при нормі висіву 400 тис./га. Це перевищило показник контролю (2,45 г) на 4,5 %. У 2025 році, завдяки кращим умовам, маса насіння значно зросла в усіх варіантах. Найкращий результат знову продемонструвала інокуляція при мінімальній нормі висіву (5,54 г), що на 6,3 % більше, ніж у контролі (5,21 г).

За усередненими показниками спостерігається чітка закономірність, зі збільшенням норми висіву маса насіння на одній рослині зменшується. Це підтверджує конкуренцію рослин за ресурси. Проте, застосування інокуляції забезпечило найвищий середній показник – 4,05 г при нормі висіву 400 тис./га. Це на 5,7 % більше, ніж у контрольному варіанті (3,83 г) та на 4,7% більше, ніж у варіанті з мінеральними добривами (3,87 г). Таким чином, інокуляція є ефективним інструментом для підвищення індивідуальної продуктивності рослин, що безпосередньо впливає на формування крупнішого та якіснішого насіння.

Таблиця 3.12

Маса насіння залежно від добрив та норм висіву, г

Фон живлення	Норми висіву	2024 р.	2025 р.	середнє
Контроль (без добрив)	400 тис./га	2,45	5,21	3,83
	500 тис./га	2,21	5,04	3,63
	600 тис./га	2,01	4,88	3,45
Інокуляція (1,5 л/т)	400 тис./га	2,56	5,54	4,05
	500 тис./га	2,35	5,21	3,78
	600 тис./га	2,14	5,11	3,63
N ₂₀ P ₂₀ K ₂₀	400 тис./га	2,41	5,32	3,87
	500 тис./га	2,27	5,15	3,71
	600 тис./га	2,02	5,07	3,55

За результатами даних було встановлено, що на показник крупності насіння (масу 1000 насінин) впливають як схема живлення, так і густина посіву (табл. 3.13).

У 2024 році, який відзначився меншими показниками, максимальна маса 1000 насінин була зафіксована у варіанті з інокуляцією при нормі висіву 400 тис./га – 134,5 г. Це перевищило контрольний варіант (132,5 г) на 1,5 %, при цьому аналогічний результат був у варіанті з мінеральними добривами.

У 2025 році, завдяки сприятливішим умовам, маса насіння суттєво збільшилась. Показник маси 1000 насінин знову був у варіанті з інокуляцією та найменшою нормою висіву – 155,6 г, що на 2,3 % більше, ніж на контролі (152,1 г). Ці дані підтверджують, що інокуляція є ефективним методом для покращення якості насіння в різних кліматичних умовах.

За усередненими даними, існує чітка залежність між густиною посіву та якістю насіння: підвищення норми висіву призводить до незначного зменшення маси 1000 насінин. Це є наслідком посилення конкуренції між рослинами.

Таблиця 3.13

Маса 1000 насінин залежно від добрив та норм висіву, г

Фон живлення	Норми висіву	2024 р.	2025 р.	середнє
Контроль (без добрив)	400 тис./га	132,5	152,1	142,3
	500 тис./га	128,1	147,9	138,0
	600 тис./га	127,3	148,2	137,8
Інокуляція (1,5 л/т)	400 тис./га	134,5	155,6	145,1
	500 тис./га	131,2	153,2	142,2
	600 тис./га	130,5	152,8	141,7
N ₂₀ P ₂₀ K ₂₀	400 тис./га	132,5	154,1	143,3
	500 тис./га	129,8	151,2	140,5
	600 тис./га	128,4	151,7	140,1

Найвищий середній показник маси 1000 насінин було досягнуто завдяки інокуляції – 145,1 г при нормі 400 тис./га. Цей результат перевершив контрольний варіант (142,3 г) на 2,0 % та варіант з мінеральними добривами (143,3 г) на 1,3 %. Отже, інокуляція є дієвим методом для поліпшення крупності насіння, що безпосередньо впливає на його товарну цінність та кінцевий урожай.

Збільшення норми висіву сої має значний вплив на висоту прикріплення нижнього бобу. У загущених посівах рослини змушені конкурувати за світло, що стимулює їх до інтенсивного вертикального росту. В результаті цього процесу нижні листки та бічні пагони затіняються і відмирають, а боби формуються вище по стеблу. Тому, при збільшенні норми висіву, висота прикріплення нижнього бобу, як правило, зростає. Це позитивний ефект з агротехнічної точки зору, оскільки більш високе прикріплення бобів значно полегшує механізоване збирання врожаю та зменшує втрати насіння.

Аналіз даних показує, що висота прикріплення нижнього бобу залежить від норми висіву та фону живлення (табл. 3.14). У 2024 році, коли рослини були нижчими, найвищий показник був досягнутий при внесенні $N_{20}P_{20}K_{20}$ з нормою висіву 600 тис./га – 16,2 см. Це перевищило показник контролю (15,5 см) на 4,5 %. У 2025 році, при сприятливіших умовах, висота прикріплення бобів була вищою. Більший показник отримано у варіанті з інокуляцією та нормою 500 тис./га – 17,8 см, що перевищило контроль (16,5 см) на 7,9 %. Ці дані підтверджують, що інокуляція сприяє кращому формуванню репродуктивних органів, що важливо для механізованого збирання.

Таблиця 3.14

Висота до нижнього бобу залежно від добрив та норм висіву, см

Фон живлення	Норми висіву	2024 р.	2025 р.	середнє
Контроль (без добрив)	400 тис./га	14,5	15,2	14,9
	500 тис./га	15,2	16,5	15,9
	600 тис./га	15,5	16,4	16,0
Інокуляція (1,5 л/т)	400 тис./га	14,1	15,6	14,9
	500 тис./га	15,8	17,8	16,8
	600 тис./га	15,6	17,6	16,6
$N_{20}P_{20}K_{20}$	400 тис./га	13,5	15,1	14,3
	500 тис./га	15,8	16,5	16,2
	600 тис./га	16,2	16,9	16,6

За усередненими показниками за два роки, спостерігається чітка закономірність, зі збільшенням норми висіву висота прикріплення нижнього бобу зростає. Найвищі середні показники були досягнуті у варіантах з інокуляцією та $N_{20}P_{20}K_{20}$ при високих і оптимальних нормах висіву, що є важливою ознакою для практичного застосування. Так, при нормі висіву 500

тис./га, інокуляція дала результат 16,8 см, що вище за контроль (15,9 см) на 5,7 %. А при нормі 600 тис./га, обидва варіанти з добривами показали однакові результати – по 16,6 см, що також вище контролю (16,0 см). Це підтверджує, що для підвищення ефективності збирання врожаю необхідно не тільки оптимізувати норму висіву, а й застосовувати системи живлення, які сприяють більш високому прикріпленню бобів.

Отже, застосування інокуляції забезпечує найвищий середній показник кількості насіння – 48,6 шт. при нормі 400 тис./га, що на 13,6 % більше, ніж на контролі (42,8 шт.). Для досягнення максимальної кількості насіння на рослині, необхідно оптимізувати як норму висіву, так і систему живлення, де інокуляція є найбільш ефективним методом. Зі збільшенням норми висіву маса насіння на одній рослині зменшується, що підтверджує конкуренцію рослин за ресурси. Проте, застосування інокуляції забезпечило найвищий середній показник – 4,05 г при нормі висіву 400 тис./га. Це на 5,7 % більше, ніж у контрольному варіанті (3,83 г). Таким чином, інокуляція є ефективним інструментом для підвищення індивідуальної продуктивності рослин, що безпосередньо впливає на формування крупнішого та якіснішого насіння. При підвищенні норми висіву висота прикріплення нижнього бобу зростає за різного фону живлення. Найвищі середні показники були досягнуті у варіантах з інокуляцією та $N_{20}P_{20}K_{20}$ при високих нормах висіву, що є важливою ознакою для практичного застосування.

3.2.6. Врожайність сої за зміни фону живлення та норм висіву

Зміна норм висіву сої має значний вплив на її урожайність, який не завжди є прямо пропорційним. Збільшення норми висіву, як правило, призводить до зростання густоти стояння рослин на одиницю площі. Це є позитивним фактором, адже дозволяє повніше використовувати ресурси ґрунту та сонячне світло. У результаті, загальна кількість бобів і насіння з

гектара збільшується, що безпосередньо впливає на підвищення врожайності. Однак, такий підхід працює лише до певної межі.

При надмірному загущенні посівів починає проявлятися негативний ефект. Рослини посилено конкурують між собою за поживні речовини, вологу та світло. Це призводить до погіршення індивідуальних показників продуктивності. Таким чином, оптимальна норма висіву є ключовим фактором, який забезпечує баланс між кількістю рослин на гектарі та їх індивідуальною продуктивністю, дозволяючи отримати максимальний урожай [10, 21].

Аналіз врожайних даних за 2024 рік показує, що вона була значно нижчою, ніж у 2025 році (табл. 3.15).

Таблиця 3.15

Урожайність сої залежно від добрив та норм висіву, ц/га

Фон живлення (фактор А)	Норми висіву (фактор В)	2024 р.	2025 р.	середнє
Контроль (без добрив)	400 тис./га	9,4	16,2	12,8
	500 тис./га	9,3	17,8	13,6
	600 тис./га	8,7	16,7	12,7
Інокуляція (1,5 л/т)	400 тис./га	9,5	18,2	13,9
	500 тис./га	10,3	20,4	15,4
	600 тис./га	9,8	19,5	14,7
N ₂₀ P ₂₀ K ₂₀	400 тис./га	9,8	17,5	13,7
	500 тис./га	9,6	18,2	13,9
	600 тис./га	8,5	17,8	13,2
НІР ₀₅ по фактору А		0,3	0,6	
НІР ₀₅ по фактору В		0,3	0,6	
НІР ₀₅ по фактору АВ		0,6	1,3	

В умовах 2024 року вплив удобрення та норми висіву був статистично значущим, оскільки різниця між варіантами перевищувала показник HP_{05} (0,3 ц/га). Найвищий результат було отримано у варіанті з інокуляцією та нормою висіву 500 тис./га (10,3 ц/га). Це перевищення над контролем (9,3 ц/га) становило 1,0 ц/га, що є істотним. У варіантах з $N_{20}P_{20}K_{20}$, результат перевищував контроль на 0,2-0,4 ц/га, що вказує на недостатню ефективність мінеральних добрив у несприятливих умовах.

У 2025 році врожайність була значно вищою, що підтверджує сприятливіші умови. Тут, як і в попередньому році, найбільший урожай був отриманий у варіанті з інокуляцією та нормою висіву 500 тис./га (20,4 ц/га). Перевищення до контролю (17,8 ц/га) становило 2,6 ц/га. Також, у цьому році, ефективність мінеральних добрив $N_{20}P_{20}K_{20}$ була більш вираженою, ніж у 2024 році. Проте, при нормі висіву 500 тис./га, урожайність з інокуляцією була на 2,2 ц/га вищою, ніж з мінеральним добривом.

На основі середніх даних за два роки можна зробити висновок, що найбільш ефективною комбінацією для отримання високої врожайності є інокуляція насіння при нормі висіву 500 тис./га. Цей варіант забезпечив середню врожайність 15,4 ц/га, що є значним перевищенням порівняно з усіма іншими варіантами. Так, перевищення до контролю (13,6 ц/га) становило 1,8 ц/га. Внесення мінеральних добрив також було ефективним, але менше, ніж інокуляція. Це підтверджує, що інокуляція є найбільш доцільним і стабільним методом для максимізації врожайності сої в умовах як сприятливих, так і несприятливих років.

РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ВИРОЩУВАННЯ СОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД ФОНУ ЖИВЛЕННЯ ТА НОРМ ВИСІВУ

Стратегічним вектором економічного зростання аграрного сектору України є розширення посівних площ та підвищення продуктивності сої – ключової бобової культури глобального землеробства. Нарощування обсягів її виробництва має вирішальне значення для забезпечення продовольчої безпеки країни, а також для зміцнення експортного потенціалу завдяки високій ліквідності та попиту на цю білково-олійну сировину.

Кінцева доцільність будь-якого агротехнічного заходу у рослинництві повинна оцінюватися через призму економічної ефективності. Досягнення максимального рівня рентабельності та прибутковості можливе лише за умови цілеспрямованого впровадження інтенсивних технологій вирощування, які забезпечують повне розкриття генетичного потенціалу сортів при одночасній оптимізації витрат ресурсів.

Продуктивність є ключовим критерієм для оцінки економічної доцільності та успішності застосування будь-яких агротехнічних методів вирощування сої. Стабільне отримання високих показників урожайності слугує надійним підґрунтям для обґрунтованого вибору, рекомендацій та подальшого впровадження найбільш ефективних технологічних рішень у виробництво.

Економічна ефективність інокуляції сої є високою і стабільно доведеною, оскільки відносно незначні витрати на придбання та застосування біопрепарату забезпечують біологічну фіксацію атмосферного азоту, суттєво зменшуючи потребу в дорогих азотних мінеральних добривах. Оптимальна норма висіву мінімізує невиправдані витрати на насіння, максимізує використання ресурсів на одиницю площі, та, як наслідок, прямо підвищує врожайність і чистий прибуток з гектара [30, 31]. Показники економічної ефективності залежно від фону живлення і норм висіву наведено в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1

Економічна ефективність вирощування сої залежно від фону живлення та норм висіву

Фон живлення	Норми висіву насіння, тис./га	Урожайність, ц/га	Вартість врожаю з 1 га, грн.	Витрати, грн./га	Умовно чистий дохід з 1 га, грн.	Рівень рентабельності, %	Собівартість 1 ц зерна, грн.
Контроль (без добрив)	400	12,8	24320	14716,6	9603,4	65,3	1149,7
	500	13,6	25840	15108,4	10731,6	71,0	1110,9
	600	12,7	24130	15700,9	8429,1	53,7	1236,3
Інокуляція (1,5 л/т)	400	13,9	26410	14775,9	11634,1	78,7	1063,0
	500	15,4	29260	15187,9	14072,1	92,7	986,2
	600	14,7	27930	15771,8	12158,2	77,1	1072,9
N ₂₀ P ₂₀ K ₂₀	400	13,7	26030	17755,9	8274,1	46,6	1296,1
	500	13,9	26410	18159,2	8250,8	45,4	1306,4
	600	13,2	25080	18531,8	6548,2	35,3	1403,9

Показник умовно чистого доходу з 1 га є ключовим індикатором економічної ефективності кожного варіанта вирощування сої, відображаючи різницю між вартістю отриманого врожаю та загальними виробничими витратами. У варіанті без добрив максимальний дохід забезпечила норма висіву 500 тис./га (10731,6 грн./га). Збільшення норми висіву до 600 тис./га призвело до різкого падіння доходу до 8429,1 грн./га. Найвищий умовно чистий дохід серед усіх досліджуваних варіантів був досягнутий при застосуванні інокуляції з нормою висіву 500 тис./га, де дохід склав 14072,1 грн./га. У варіантах із застосуванням мінерального добрива спостерігалися найнижчі показники доходу (6548-8274 грн./га).

Аналіз рівня рентабельності чітко засвідчує, що найбільш економічно вигідним є застосування інокуляції насіння. Максимальний показник рентабельності – 92,7% – було досягнуто у варіанті з інокуляцією при нормі висіву 500 тис./га. Натомість, застосування мінеральних добрив виявилось найменш рентабельним, оскільки, незважаючи на підвищення врожайності, значне зростання виробничих витрат призвело до найнижчих показників рентабельності у діапазоні 35,3% – 46,6%, що підкреслює їхню економічну недоцільність у даних умовах.

Отже, найкращим та найбільш економічно вигідним варіантом вирощування сої є застосування інокуляції насіння при нормі висіву 500 тис./га, оскільки саме ця комбінація забезпечила максимальний умовно чистий дохід (14072,1 грн./га) та найвищий рівень рентабельності (92,7%) серед усіх досліджених варіантів. Це підтверджує, що малозатратні біологічні технології значно ефективніші, ніж дорогі мінеральні добрива, які продемонстрували меншу окупність.

РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ДОВКІЛЛЯ ПРИ ЗАСТОСУВАННІ ДОБРИВ

5.1. Організація служби охорони праці

Безпечні умови праці на підприємстві гарантуються шляхом реалізації такого комплексу управлінських та технічних заходів:

- організація обов'язкового навчання всього персоналу, регулярна атестація знань із безпеки та активне пропагування культури дотримання встановлених норм охорони праці;
- чітке виконання як довгострокових комплексних, так і поточних оперативних планів, спрямованих на покращення умов праці;
- здійснення детального аналізу першопричин виробничих травм та професійних захворювань для запобігання їх повторенню;
- систематичний контроль за загальним станом охорони праці на всіх дільницях підприємства та оперативне усунення виявлених загроз і небезпек на робочих місцях;
- регулярне проведення паспортизації або атестації санітарно-технічного рівня виробничих об'єктів та стану технологічного обладнання;
- запровадження систем морального та матеріального стимулювання працівників за зразкове підтримання високого рівня безпеки на своїх робочих місцях;
- реалізація цільових заходів для захисту здоров'я жінок та молоді, проведення виховної роботи та притягнення до відповідальності осіб, які порушують встановлені правила та нормативи;
- своєчасне та повне забезпечення всього персоналу необхідним захисним інвентарем та засобами індивідуального захисту.

Служба охорони праці (СОП) є обов'язковим елементом організаційної структури будь-якого підприємства, установи чи організації, незалежно від їхньої форми власності та галузевої приналежності. Основна мета її

створення – забезпечення реалізації комплексного спектра заходів, що охоплюють правові, організаційно-технічні, санітарно-гігієнічні, соціально-економічні та лікувально-профілактичні напрямки.

Управлінська структура СОП характеризується прямою підпорядкованістю найвищій посадовій особі – роботодавцю (власнику). Залежно від чисельності штату, служба може бути організована або як самостійна структурна одиниця (відділ), або у формі одного спеціаліста, який може виконувати ці функції навіть за сумісництвом. До складу СОП приймаються кваліфіковані фахівці, які повинні мати вищу освіту та підтверджений досвід роботи у сфері, що відповідає профілю конкретного виробництва, не менше трьох років.

Крім виконання основних профілактичних заходів, фахівці СОП наділені контрольно-наглядовими функціями. Вони здійснюють аудит робочих місць, перевіряють дотримання законодавчих норм, беруть участь у розслідуванні нещасних випадків та розробляють внутрішні положення й інструкції [32].

5.2. Техніка безпеки при внесенні мінеральних добрив

Застосування агрохімікатів (добрив) в Україні регламентується Законом України «Про пестициди і агрохімікати». Державна політика у цій сфері базується на таких ключових принципах:

- забезпечення збереження здоров'я населення та охорони довкілля має переважати над економічною вигодою від використання будь-яких агрохімікатів чи пестицидів;

- здійснення жорсткого державного нагляду за всіма етапами обігу агрохімікатів: їхнє ввезення, реєстрація, зберігання, переміщення, реалізація та безпосереднє застосування на території країни;

- екологічна мінімізація - сприяння скороченню використання агрохімікатів за рахунок активного впровадження методів біологічного

землеробства та інших, екологічно чистих, підходів до захисту рослин;

- забезпечення екологічної безпеки та нешкідливості для людини на всіх стадіях роботи з речовинами (випробування, виробництво, використання) з обов'язковим дотриманням державних стандартів і санітарних норм.

Добрива, незалежно від того, чи є вони вітчизняного, чи імпортного виробництва, для легального використання повинні відповідати суворим вимогам безпеки. Ці вимоги передбачають, що хімікати мають бути безпечними не лише для здоров'я людини, але й для екологічного середовища, за умови неухильного дотримання встановлених виробником та законодавством регламентів їхнього застосування. Крім того, всі агрохімікати зобов'язані відповідати чинним державним стандартам, санітарним нормам та іншим нормативно-правовим актам, що діють на території України.

Кожна товарна одиниця агрохімікату повинна супроводжуватися вичерпною інструкцією, яка чітко регламентує її застосування. Ця документація має містити повний перелік культур та об'єктів для обробки, деталізувати способи, норми і кратність використання, а також встановлювати терміни очікування (інтервали до збирання врожаю). Крім того, інструкція зобов'язана визначати обмеження і заборони на застосування, описувати методи знешкодження агрохімікатів, містити заходи безпеки при роботі, транспортуванні та зберіганні, процедури ліквідації аварійних ситуацій та надавати алгоритм надання першої медичної допомоги у випадку отруєння.

Усі етапи поводження з добривами – від транспортування, зберігання, використання, торгівлі до утилізації, знищення та знешкодження – мають суворо відповідати вимогам чинного законодавства, включно з санітарними правилами для пестицидів та агрохімікатів, і іншими нормативними актами. Особи, чия робота пов'язана з обігом цих препаратів, обов'язково повинні мати відповідний допуск на роботу із зазначеними речовинами [33].

5.3. Охорона довкілля при виконанні пропонованих агрозаходів

У сучасній агротехнології використання добрив, регуляторів росту та біопрепаратів є необхідною умовою для досягнення високої врожайності, але особливу небезпеку для здоров'я людини становлять отрутохімікати (пестициди), призначені для контролю шкідників, хвороб та бур'янів. З огляду на це, існує значний екологічний ризик, оскільки хімічні речовини, які вносяться на поля, здатні мігрувати та потрапляти у водні об'єкти разом із продуктами ґрунтової ерозії.

Засоби хімічного захисту рослин (ЗЗР), які використовуються для боротьби з бур'янами, хворобами та шкідниками, часто демонструють невивіркову дію, що призводить до знищення не лише цільових шкідливих, але й багатьох корисних організмів. Незважаючи на те, що аграрна наука активно розробляє та впроваджує альтернативні методи живлення ґрунту (наприклад, біодобрива, сидерати) та екологічно безпечніші заходи захисту, агрохімікати наразі залишаються незамінним та високоефективним інструментом для забезпечення стабільного зростання продуктивності сільськогосподарських культур.

Шкода, спричинена застосуванням агрохімікатів (мінеральних добрив, пестицидів, регуляторів росту та мікродобрив), може бути мінімізована за умови впровадження комплексних заходів. Це включає постійне вдосконалення самих хімічних препаратів з метою зниження їх токсичності, розробку та практичне застосування екологічно безпечних методів використання хімічних засобів у сільському господарстві, а також впровадження нових технологій та технічних рішень. Останнє є важливим для скорочення кількості проходів агрегатів по полю, що зменшує ущільнення ґрунту і загальний негативний вплив на агроєкосистему [32, 33].

ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

1. Встановлено, що збільшення норми висіву від 400 до 600 тис./га призводило до стабільного зниження схожості насіння на 2,2-5,6 %, що пояснюється посиленням конкуренції між рослинами. Найвища польова схожість була при інокуляції насіння, де максимальний результат становив 90,9 % при нормі висіву 400 тис./га та зменшувався на 4,9 % у контрольному варіанті та на 5,9 % з мінеральним добривом $N_{20}P_{20}K_{20}$. Застосування інокуляції значно підвищує загальну виживаність рослин протягом усього вегетаційного періоду, що є ключовим фактором для формування оптимальної густоти стояння рослин.

2. Найбільша маса рослини була отримана при нормі висіву 400 тис./га, збільшення її до 600 тис./га обумовило зниження показників на 3,9-4,5 г, або 13,7-16,6 %. Найкращий результат показав варіант з біопрепаратом – 28,4 г, що перевищило показник контролю на 2,5 г. Це підтверджує, що інокуляція сприяє кращому розвитку окремої рослини та нарощуванню біомаси, забезпечуючи оптимальне живлення на ранніх етапах. Найбільша площа листової поверхні однієї рослини була в розріджених посівах з нормою висіву 400 тис./га. Застосування інокуляції забезпечило найвищий показник – 821 см², що на 10,9 % перевищило контроль.

Більша висота рослин була при нормі висіву 600 тис./га, що є типовим явищем для загущених посівів, де рослини конкурують за світло, вологу та поживні речовини. Найвищий показник був при внесенні мінеральних добрив – 50,9 см, що перевищило результат контролю на 3,2 см.

3. Виявлено, що найбільша кількість бульбочок на одній рослині спостерігалась при нормі висіву 400 тис./га на різних фонах живлення та зменшувалась при загущенні на 6,8-9,0 шт., що складає 19,6-25,1 %. Найкращий результат показала інокуляція – 39,9 шт./росл., перевищення порівняно з контролем становило 15,0 %. Це свідчить про те, що інокуляція є

найбільш ефективним інструментом для стимулювання утворення бульбочок, тоді як мінеральні добрива мають менший вплив на цей процес.

4. Застосування інокуляції забезпечує отримання найвищої кількості насіння – 48,6 шт. при нормі 400 тис./га, що на 13,6 % більше, ніж у контролі (42,8 шт.). Зі збільшенням норми висіву кількість насіння на одній рослині зменшується на 5,5-10,4 шт. (12,2-21,4 %), що підтверджує конкуренцію рослин за ресурси. Проте, застосування інокуляції забезпечило найвищий показник маси насіння – 4,05 г при нормі висіву 400 тис./га. Це більше ніж у контролі на 5,7 %. При підвищенні норми висіву висота прикріплення нижнього бобу зростає за різного фону живлення. Найвищі показники були у варіантах з інокуляцією та $N_{20}P_{20}K_{20}$ при високих нормах висіву, що є важливою ознакою для практичного застосування.

5. Ефективною комбінацією для отримання високої врожайності є інокуляція насіння при нормі висіву 500 тис./га, що забезпечує більшу врожайність – 15,4 ц/га, прибавку до контролю 1,8 ц/га, або 13,2 %.

6. Найбільш економічно вигідним варіантом вирощування сої є застосування інокуляції насіння при нормі висіву 500 тис./га, що забезпечує максимальний умовно чистий дохід 14072,1 грн./га, найвищий рівень рентабельності – 92,7% та нижчу собівартість – 986 грн./ц.

Сільськогосподарським підприємствам Степу України рекомендується проводити сівбу сорту сої Ромашка з нормою висіву 500 тис./га та інокуляцію насіння біопрепаратом Біо-Мінераліс, що забезпечить вищу врожайність 15,4 ц/га, прибавку врожаю 1,8 ц/га (13,2%), умовно чистий дохід 14072,1 грн./га та високий рівень рентабельності 92,7%.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Мостов'як І. І., Кравченко О. В. Формування фотосинтетичної продуктивності посівів сої за використання різних видів фунгіцидів та інокулянта у Правобережному лісостепу України. Вісник Уманського національного університету садівництва. 2018. № 2. С. 21–24.
2. Стрихар А. Є. Насінна продуктивність сої залежно від технології вирощування в правобережному Лісостепу України : автореф. дис. ... канд. с.-г. наук : 06.01.09. Київ, 2009. 22 с.
3. Губенко Л. В., Голодна А. В., Ремез Г. Г. Вплив мінеральних добрив та бактеріальних препаратів на урожайність та якість насіння сої. Науковотехнічний бюлетень Інституту олійних культур НААН. 2019. Вип. 27. С. 89–96.
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. Herrige D., Peoples M., Boddey R. Global inputs of biological nitrogen fixation in agricultural systems. *Plant and soil*. 2008. 311. P. 1–18.
6. 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.
7. Кобак С., Колісник С., Сереветник О., Чорна В. Мінеральне живлення сої. *The Ukrainian Farmer*. 2017. № 4. С. 112–116.
8. Бунчак О. М. Економічна ефективність застосування органічних добрив із збалансованим умістом тривалентного хрому в технології вирощування сої. Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка. 2017. Вип. 27. С. 240–245.
9. Чернишенко 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.

10. Боровик В. О., Біднина І. О., Біляєва І. М., Шкода О. А. Мікродобриво як фактор прискорення зростання та розвитку рослин на посівах нових сортів сої в умовах зрошення. Аграрні інновації. 2020. № 2. С. 89–95.

11. Ніжеголенко Т. П., Сасенко Н. С., Авраменко С. В. Вплив строків сівби та норм висіву на продуктивність сої в умовах богари та зрошення. Вісник Інституту зернового господарства. 2009. № 14. С. 108-112.

12. Шепілова Т. П. Формування високопродуктивних посівів сої під впливом агротехнічних прийомів в умовах Кіровоградської області : автореф. дис. ... к. с.-г. н. : 06.01.09 / Ін-т Зернового господарства УААН. Дніпропетровськ, 2009. 20 с.

13. Дробітько О. М. Вплив способів сівби та норм висіву на урожайність насіння сої. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2014. № 1. С. 39-43.

14. Вирощування сої, вирощування сої в Україні, технології вирощування сої. Vitagro Partner. URL: https://vitagro-partner.com.ua/press_release/viroschuvannya-soi-v-ukraini-tehnologii-viroschuvannya-soi

15. Норми висіву сої: які фактори варто врахувати при сівбі. Superagronom.com. URL: <https://superagronom.com/blog/497-normi-visivu-soyi-yaki-faktori-varto-vrahuvati-pri-sivbi>

16. Вирощування Сої: як Бізнес. Тетра Агро. URL: https://tetra-agro.com.ua/news/viroshhuvannya_soyi_yak_biznes

17. Соя сорт «Аннушка» URL: <https://agroexp.com.ua/uk/annushka-soya-sort-semena-kupit>

18. Вплив способу сівби і норми висіву насіння на ріст і розвиток сої. Агроном Журнал. URL: <https://www.agronom.com.ua/vplyv-sposobu-sivby-i-normy-vysivu-nasinnya-na-rist-i-rozvytok-soyi/>

19. Куничак Г. І., Дугчак О. В., Матвієць Н. М. Продуктивність сої за різних способів обробітку ґрунту та системи удобрення з елементами

біологізації. Корми і кормовиробництво. 2023. № 96. С. 94-101.
<https://doi.org/10.31073/kormovyrobnytstvo202396-09>

20. 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 ПДАА. 2021. № 1. С. 37-42.
<https://doi.org/10.31210/visnyk2021.01.04>

21. Молдован Ж. А., Молдован В. Г. Оцінка конкурентоздатності допосівної обробки насіння та позакореневих підживлень сої за різних рівнів мінерального живлення. 2022. № 94. С. 27-36.
<https://doi.org/10.31073/kormovyrobnytstvo202294-03>

22. Федорук І. В. Вплив інокуляції насіння на врожай сої. Таврійський науковий вісник. 2019. № 108. С.110-117.

23. Присяжнюк О. І., Григоренко С. В., Половинчук О. Ю., Маляренко О. А. Продуктивність та економічна ефективність вирощування сортів сої залежно від застосування добрив, регуляторів росту та вологоутримувача. Новітні агротехнології. 2018. № 6. С. 25-32.

24. Крижанівський М. В., Бахмат О. М. Продуктивність сої залежно від застосування органічних добрив, інокуляції насіння та регуляторів росту рослин. Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка. 2022. № 37. С. 26–31.

25. Колісник С. І. Основні технологічні прийоми вирощування сої на насіння. Корми і кормовиробництво. 2012. Вип. 71. С. 41–48.

26. 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.

27. Підлісний Р.М. Продуктивність сої залежно від позакореневого підживлення. Вісник Полтавського державного аграрного університету. 2020. С. 107-109. URL: <https://dSPACE.pdau.edu.ua/server/api/core/bitstreams/46d0f698-4c3e-4de7-aadd-1af521d3ec92/content>

28. Рожков А. О., Пузік В. К., Каленська С. М. та ін. Дослідна справа в агрономії : навч. посібник. Кн. 1. Теоретичні аспекти дослідної справи. Х. : Майдан, 2016. 316 с.

29. Біо-Мінераліс. Інокулянт для Сої+МЕ. URL: <http://www.mineralis.com.ua/uk/biopreparations/biomineralis>

30. 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.

31. Агропромисловий комплекс України: тенденції та перспективи розвитку. К. : ІАЕ УААН, 2000. 574 с.

32. Гандзюк М. П., Желібо Є. П., Халімовський М. О. Основи охорони праці : Підручник. Київ : Каравела. 2006. 392 с.

33. Сакун М. М., Нагорнюк В.Ф. Охорона праці при вирощуванні сільськогосподарських культур: Навчальний посібник. Одеса "Видавництво", 2009. 184 с.

ДОДАТКИ

Додаток А

Дисперсійний аналіз урожайності 2024 р.

La	Lb	P	N	K		
3	3	3	27	2408,333		
Варіанти		P			Сума	Середнє
La	Lb	I	II	III		
I	1	8,8	9,1	10,2	28,1	9,4
	2	9,2	8,7	10,1	28,0	9,3
	3	8,2	8,5	9,4	26,1	8,7
II	1	9,1	9,2	10,2	28,5	9,5
	2	9,8	10,2	11,0	31,0	10,3
	3	8,9	9,4	11,2	29,5	9,8
III	1	9,1	9,5	10,8	29,4	9,8
	2	9,8	9,7	9,4	28,9	9,6
	3	8,1	8,1	9,3	25,5	8,5
	Сума	81	82	92	255,0	9,4

Результати дисперсійного аналізу

Дисперсія	Сума квадратів	Степень свободи	Середній квадрат	Відношення дисперсій	
				F _ф	F ₀₅
Загальна	Sy	17,63	26		
Повторень	Sp	7,369	2		
Варіантів	Sv	7,71	8	1,0	6,06
Фактору А	Ca	2,809	2	1,4	8,83
Фактору В	Cb	2,736	2	1,37	8,60
Фактору АВ	Cab	2,169	4	0,54	3,41
Інші	Cz	2,544	16	0,159	

<i>HIP</i> ₀₅ заг.	0,6	фактору А	0,30	фактору В	0,27
Точність дослід, %		2,11%		t ₀₅	2,12

Додаток Б

Дисперсійний аналіз урожайності 2025 р.

La	Lb	P	N	K		
3	3	3	27	8776,824		
Варіанти	P			Сума	Середнє	
La	Lb	I	II	III		
I	1	15,1	15,9	17,6	48,6	16,2
	2	16,4	18,2	18,9	53,5	17,8
	3	15,9	15,6	18,5	50,0	16,7
II	1	17,2	18,5	19,0	54,7	18,2
	2	19,4	19,5	22,3	61,2	20,4
	3	18,2	18,9	21,4	58,5	19,5
III	1	16,7	18,2	17,5	52,4	17,5
	2	17,2	18,9	18,5	54,6	18,2
	3	15,6	17,2	20,5	53,3	17,8
Сума		152	161	174	486,8	18,0

Результати дисперсійного аналізу

Дисперсія	Сума квадратів	Степень свободи	Середній квадрат	Відношення дисперсій	
				F _ф	F ₀₅
Загальна	Sy	80,12	26		
Повторень	Sp	28,436	2		
Варіантів	Sv	40,44	8	5,1	7,20
Фактору А	Ca	28,272	2	14,1	20,13
Фактору В	Cb	10,312	2	5,16	7,34
Фактору АВ	Cab	1,859	4	0,46	0,66
Інші	Cz	11,237	16	0,702	

<i>HIP</i> ₀₅ заг.	1,3	фактору А	0,63	фактору В	0,56
Точність дослід, %		2,32%		t ₀₅	2,12

Додаток В

Технологічна карта

Культура	Соя	Норма висіву, кг/га	79	Біо Мінераліс, 1,5 л/га Гегагард, 2 л/га	Урожайність, ц/га	
Сорт	Ромашка	Всього насіння, т	7,9	Харнес 1,5 л/га	зерно	15,40
Попередник	Озима пшениця	Система удобрення	N ₂₃ P ₆₀ K ₆₀	Базагран, 2,5 л/га	Валовий збір	
Площа, га	100	Всього туків, т	23	Фузілат-форте 0,8 л/га	154	

№	Найменування робіт	Од.вим.	Обсяг робіт		Склад агрегату		Обслуговуючий персонал						Норма виробітку	Кількість нормозмін	Затрати праці, люд-год		Оплата праці, грн		Разом витрат на оплату праці, грн	Пальне			Всього затрат, грн	
			у фіз.од.	в умов.га	трактори, автомоб.	с.-г. машини	трактористи-машиністи			робітники ручної праці					механізатори	інші	механізатори	інші		кількість, л		Вартість, всього грн		
							кількість	розряд роботи	Розцінка, грн/га	кількість	розряд роботи	Розцінка, грн/га								на од.роб.	всього			
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			11	12	13	14		15	16	17		18
1	Лущення стерні	га	100	26,7	МТЗ-80	ЛДГ-10	1	III	9,58				21	4,8	38,1			957,7		957,7	3,1	310	15500	16458
2	Навантаження міндобрив	т	23		вручну					2	II	17,7	8	2,9		46,0		814,2		814,2				814
3	Транспортування міндобрив	т	23		ГАЗ-53		1		23,55				погод.	2,2	17,6			42,1		42,1		23	1150	1192
4	Оранка на 20-22 см	га	100	224	Т-150	ПЛН-5-35	1	VI	51,13					5,9	16,9	135,6		5113,2		5113,2	19,3	1930	96500	101613
5	Ранньовесняне борошування	га	100	15,5	Т-150	С-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
6	Транспортування води і пестицидів	т	40		ГАЗ-53		1		23,55				погод.	3,1	18,8			44,8		44,8		25	1250	1295
7	Внесення гербіцидів	га	100	13,1	МТЗ-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
8	Передпосівна культивация	га	100	43,7	Т-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
9	Обробка насіння	т	7,9		вручну					2	IV	29,77	5,7	1,4		16,6		470,3		470,3				470
9	Навантаження насіння	т	7,9		вручну					2	II	35,4	4	7,0		112,7		1994,4		1994,4			0	1994
10	Транспортування насіння	т	7,9		ГАЗ-53		1		23,55				погод.	7,0	56,3			134,6		134,6		19	950	1085
11	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
12	Коткування посіву	га	100	22,4	МТЗ-80	ЗККШ-6	2	IV	4,52				50	2,0	32,0			905,0		905,0	1,9	190	9500	10405
13	Борошування сходів	га	100	37,1	МТЗ-80	БЗСС-1	2	III	6,66				30,2	3,3	53,0			1331,9		1331,9	2,1	210	10500	11832
14	Транспортування води і пестицидів	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	МТЗ-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	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
17	Транспортування зерна	т	154		ГАЗ-53		1		23,55				погод.	14,1	112,7			269,3		269,3		96	4812,5	5082
18	Первинна очистка зерна	т	154		ОВП-20А		1	V	8,66	4	III	5,20	30	5,1	41,1	164,27		1866,8	3201,6	5068,4	кВт-год	821	4107	9175
	Разом по культурі			429											879	493		23617	9364	32981		5205	261413	298500

Розрахунок витрат та економічної ефективності вирощування культури

Оплата праці	Відсоток	Сума, грн
Пряма	X	32981
Підвищена	25	8245
Нарахування на заробітну плату	22	12285
Разом	X	53512

Показник	Сума, грн
Виробничі витрати на 1 га	15188
Умовно-чистий дохід на 1 га, грн	14072
Затрати праці на 1 ц, люд-год	8,9
Повна собівартість 1 т, грн.	9862,3
Рівень рентабельності, %	92,7

Види витрат	Сума, грн	Витрати на:		Структура витрат, %
		1 га	1 т	
Насіння	165900	1659	1077,3	10,9
Добрива складні	644000	6440,0	4181,8	42,4
Засоби захисту рослин	-	-	-	-
Біо Мінераліс, 1,5 л/га	4148	41,5	26,9	0,3
Гезагард, 2 л/га	33800	338,0	219,5	2,2
Харнес 1,5 л/га	24750	247,5	160,7	1,6
Базагран, 2,5 л/га	60500	605,0	392,9	4,0
Фузілат-форте 0,8 л/га	55120	551,2	357,9	3,6
Електроенергія, кВт	4107	41,1	26,7	0,3
ПММ, л	261413	2614,1	1697,5	17,2
Оплата праці	53512	535,1	347,5	3,5
Амортизація	8630	86,3	56,0	0,6
Витрати на ремонт	4810	48,1	31,2	0,3
Всього прямих витрат	1320689	13207	8575,9	87,0
Накладні витрати	198103	1981	1286,4	13,0
Всього виробничих витрат	1518792	15187,9	9862,3	100