

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Західноукраїнський національний університет

Навчально-науковий інститут інноватики природокористування та інфраструктури

Кафедра фінансів, банківської справи та страхування ВННІЕ

ВОЛОЧКО Станіслав Юрійович

**Особливості формування продуктивності сої залежно
від агротехнічних заходів вирощування в умовах
Лісостепу західного**

Спеціальність: 201 – Агрономія

Освітньо-професійна програма – Агрономія

Кваліфікаційна робота

Виконав студент групи АГРм-22

С.Ю. Волочко

Тернопіль – 2024

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
РОЗДІЛ 1 ПОХОДЖЕННЯ, БІОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ТА АГРОТЕХНІЧНІ ПІДХОДИ ДО ВИРОЩУВАННЯ СОЇ (аналіз літературних джерел).....	6
1.1 Географія вирощування та економічна цінність сої.....	6
1.2 Структурні та біологічні характеристики соєвих рослин	10
1.3 Технологічні аспекти вирощування сої в умовах Лісостепу західного....	12
1.4 Роль бактеріальних добрив у збільшенні продуктивності сої.....	17
РОЗДІЛ 2. УМОВИ ПРОВЕДЕННЯ ТА МЕТОДИЧНИЙ ПІДХІД ДО ДОСЛІДЖЕНЬ.....	21
2.1 Розташування об'єкта дослідження.....	21
2.2 Агрокліматичні характеристики регіону та погодні умови під час досліджень	24
2.3 Структура експерименту та підходи до проведення досліджень.....	30
РОЗДІЛ 3. ОСНОВНІ ПІДСУМКИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО АНАЛІЗУ.....	35
3.1 Вплив агротехнологічних факторів на тривалість фаз розвитку та загальний період вегетації	35
3.2 Зміна щільності посівів та виживаності рослин сої.....	43
3.3 Особливості лінійного росту рослин сої під впливом різних норм мінерального удобрення.....	46
3.4 Продуктивність окремих рослин сої.....	49
3.5 Вплив передпосівної обробки насіння на симбіотичну продуктивність сої.....	53
3.6 Економічна оцінка технологій вирощування сої.....	54
ВИСНОВКИ.....	58
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	61
ДОДАТКИ.....	66

ВСТУП

Соя (*Glycine max* (L.) Merr.) є однією з найважливіших сільськогосподарських культур у світі завдяки її універсальному застосуванню як джерела білка, рослинної олії та інших поживних речовин. У сучасних умовах зростання попиту на продукти з високим вмістом білка, особливо рослинного походження, вирощування сої набуває особливого значення. Вона є важливою культурою як для харчової промисловості, так і для тваринництва, завдяки її здатності забезпечувати високу врожайність і збагачувати ґрунт азотом через симбіоз із бульбочковими бактеріями.

У Лісостепу Західному, що характеризується різноманітними ґрунтово-кліматичними умовами, вирощування сої є перспективним напрямом аграрного виробництва. Однак для досягнення стабільно високих показників урожайності та якості зерна необхідно застосовувати адаптовані агротехнічні заходи. Оптимізація таких елементів технології, як вибір сорту, інокуляція насіння, внесення добрив і система обробітку ґрунту, дозволяє враховувати специфіку природних умов регіону та підвищувати ефективність вирощування культури.

Актуальність теми. Вирішення завдань, пов'язаних із забезпеченням високої продуктивності сої, є актуальним як у науковому, так і в практичному аспектах. Дослідження особливостей формування продуктивності залежно від агротехнічних заходів у специфічних умовах Лісостепу Західного дозволяють визначити оптимальні технологічні параметри для отримання максимальної віддачі від культури.

Мета і завдання досліджень. Метою кваліфікаційної роботи є вивчення впливу різних агротехнічних заходів на продуктивність сої та розробка рекомендацій щодо їхнього застосування в умовах Лісостепу Західного. Отримані результати сприятимуть підвищенню рентабельності вирощування сої та покращенню продовольчої безпеки регіону.

У межах дослідження було поставлено такі завдання:

- охарактеризувати поширення сої в Україні та світі, визначити її економічну цінність як стратегічної культури;
- проаналізувати існуючі технології вирощування культури в умовах Лісостепу Західного;
- дати характеристику агрокліматичних особливостей Лісостепу Західного, проаналізувати погодні умови, які склалися під час експериментального періоду;
- оцінити вплив норм мінерального удобрення та інокуляції насіння на тривалість фаз розвитку, виживаність та густоту рослин;
- дослідити особливості лінійного росту рослин і продуктивність окремих рослин залежно від технологій вирощування;
- провести розрахунок економічної ефективності різних підходів до вирощування сої;
- на основі отриманих результатів розробити практичні рекомендації щодо оптимізації технологій вирощування сої для умов Лісостепу Західного.

Об'єктом дослідження є процес формування продуктивності рослин сої скоростиглих та середньоранніх сортів під впливом агротехнічних заходів вирощування, зокрема норм мінерального удобрення, інокуляції насіння бактеріальними препаратами та інших елементів технології в умовах Лісостепу Західного.

Предметом дослідження є вплив агротехнічних заходів, таких як інокуляція насіння, норми мінерального удобрення та їхнє поєднання, на продуктивність сої, зокрема на її ріст, розвиток, формування врожайності та економічну ефективність вирощування.

У межах дослідження було використано комплекс підходів: польовий метод дозволив визначити вплив експериментальних факторів на біометричні характеристики, розвиток надземної маси, площу листової поверхні та загальну врожайність рослин; лабораторні дослідження забезпечили можливість детального вивчення фізіологічних властивостей і параметрів продуктивності; економічна

оцінка технологій здійснювалася за допомогою розрахунково-аналітичного методу; достовірність і наукова обґрунтованість отриманих результатів підтверджувалися за допомогою статистичних методів аналізу.

Випускна кваліфікаційна робота складається зі вступу, трьох розділів, висновків та списку використаних джерел. У роботі наведено 16 таблиць і 2 рисунки, що доповнюють текстовий матеріал. Загальний обсяг дослідження становить 60 сторінок, підготовлених згідно з сучасними вимогами до оформлення текстових документів.

РОЗДІЛ 1

ПОХОДЖЕННЯ, БІОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ТА АГРОТЕХНІЧНІ ПІДХОДИ ДО ВИРОЩУВАННЯ СОЇ

(аналіз літературних джерел)

1.1 Географія вирощування та економічна цінність сої

Сою вважають однією з ключових білково-олійних культур, яка бере свій початок з Азії та Далекого Сходу. У цьому регіоні вона тривалий час виконувала роль не лише зернобобової культури, а й заміниці м'ясних і молочних продуктів. Тут її культивують протягом тисячоліть як основну сільськогосподарську культуру [32]. На сьогоднішній день соя вирощується в різних країнах світу, охоплюючи широкий спектр ґрунтово-кліматичних зон – від прохолодних регіонів Канади до тропіків Індонезії. Як зазначають науковці, соя є одним із головних джерел рослинного білка та олії у світі [25].

У 1873 році на міжнародній виставці в Австрії сою вперше представили європейській спільноті як перспективну сільськогосподарську культуру [36]. Завдяки високому вмісту легкозасвоюваного білка, який у 3-4 рази перевищує його рівень у злакових культурах, соя має велике значення для підвищення ефективності тваринництва. Зокрема, продуктивність цієї галузі в Україні приблизно в 2,5 рази нижча, ніж у США, що зумовлює необхідність подальшого розвитку виробництва сої [40].

Збільшення посівних площ сої щороку сприяє забезпеченню продовольчої безпеки країни. Завдяки розробленим технологіям її вирощування, адаптованим до різних природно-кліматичних умов, особливу увагу потрібно приділяти сортовим та екологічним аспектам технологічних процесів для отримання стабільних врожаїв і високоякісного зерна [16].

За останні півстоліття світове виробництво сої зросло у дев'ять разів. Основними чинниками цього зростання стали виведення високоврожайних сортів, удосконалення агротехнічних підходів до вирощування та впровадження сучасних технологій обробки й переробки. Крім того, зменшення втрат під час збирання врожаю суттєво вплинуло на збільшення середньої врожайності культури. Важливим фактором також став розвиток логістичної інфраструктури, що сприяв розширенню міжнародної торгівлі, відкриваючи виробникам доступ до нових ринків збуту [29].

Сьогодні глобальне виробництво сої становить близько 382 млн тонн. Лідерами у цій галузі залишаються США, Бразилія та Аргентина, які в сезоні 2022/23 років зібрали рекордні 292 млн тонн сої, що становить 83% від загального світового обсягу. До інших провідних виробників входять Китай (13,1 млн тонн), Індія (12,6 млн тонн) та Парагвай (11,2 млн тонн) [33].

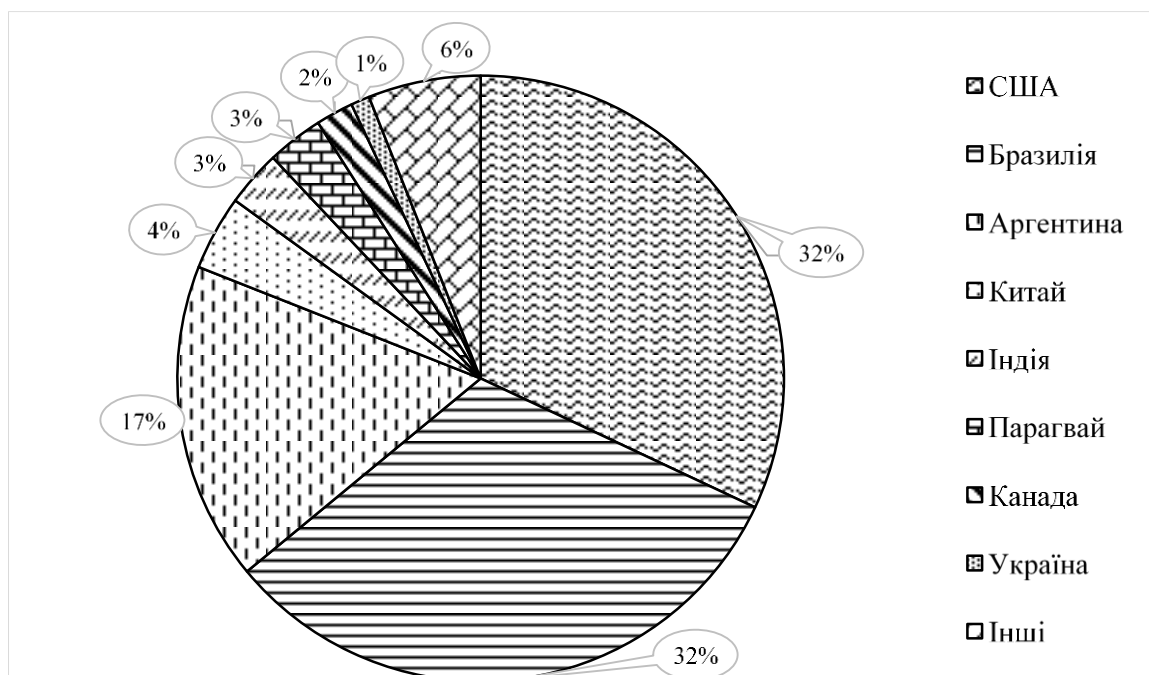


Рис. 1.1 Світові лідери з виробництва сої, %

В Україні популярність вирощування сої почала стрімко зростати з 2005 року. За останні роки досягнуті врожаї дозволили країні увійти до десятки світових

лідерів з виробництва та експорту цієї культури. Аналізуючи динаміку виробництва сої у 2015 та 2023 роках, найбільше зростання площ посіву культури спостерігалось в таких регіонах: Хмельницька область – на 110,38 тис. га; Житомирська область – на 101,43 тис. га; Тернопільська область – на 68,9 тис. га; Чернігівська область – на 64,04 тис. га; Львівська область – на 54,79 тис. га; Сумська область – на 52,9 тис. га [39].

За останнє десятиліття значний вплив на динаміку виробництва сої спричинили зміни у структурі посівних площ та підвищення продуктивності цієї культури в основних країнах-виробниках. Зростання площ під сою частково відбулося за рахунок скорочення посівів кукурудзи у США, а також завдяки впровадженню сучасних технологій і високоврожайних сортів. Збільшення загальносвітової пропозиції було підтримано значними перехідними запасами [35].

Україна сьогодні є провідним європейським виробником сої, займаючи восьме місце у світі за обсягами виробництва. У 2022 році площі під сою скоротилися на 7% (до 1497 тис. га) порівняно з попереднім роком і на 21,7% (418,6 тис. га) порівняно з 2020 роком. Однак, за період 2015–2023 років у ряді областей України спостерігався приріст посівних площ. Найбільше збільшення зафіксовано у Хмельницькій, Житомирській, Тернопільській, Чернігівській, Львівській та Сумській областях [19].

У Вінницькій області площі під сою зросли на 29,61 тис. га, у Рівненській – на 28,2 тис. га, а в Івано-Франківській – на 26,29 тис. га. Найменші зміни зафіксовані у Закарпатській (+9,8 тис. га), Запорізькій (+1,96 тис. га) та Одеській (+1,94 тис. га) областях [19].

У 2022 році в Україні виробництво сої становило близько 42 млн центнерів, що на 16% менше, ніж у 2023 році (45,1 млн центнерів). Урожайність знизилася до 21,8 ц/га порівняно з 24,3 ц/га у 2022 році. Водночас у Німеччині площі під сою зросли на 27%, досягнувши 35 тис. га. Лідерами з виробництва сої в ЄС залишаються Італія (341 тис. га), Румунія (174 тис. га) та Франція (157 тис. га).

На сучасному етапі соя залишається ключовою зернобобовою культурою, яка визначає рівень забезпечення рослинним білком в Україні та світі. Зростаючий попит на високоякісний рослинний білок стимулює розширення посівних площ і вдосконалення агротехнічних підходів. Підвищення врожайності сої є критично важливим для забезпечення потреб харчової промисловості та тваринництва [8].

Для досягнення стабільних врожаїв необхідне впровадження новітніх технологій, орієнтованих на адаптацію до природних умов, підвищення конкурентоспроможності та використання сучасних сортів. Оптимізація агротехнічних заходів, управління природними ресурсами та раціональне застосування добрив дозволяють максимально реалізувати продуктивний потенціал культури [17].

Соя є однією з найважливіших і найпоширеніших культур у світі, яка використовується як джерело білка та рослинної олії. Це однорічна рослина з родини Бобових, яка поступається за поширенням лише злаковим культурам. Сьогодні сою культивують більш ніж у 60 країнах на різних континентах. Її насіння, відоме як соєві боби, широко використовується для виготовлення харчових продуктів завдяки високому вмісту білка, що дозволяє їй виступати доступною альтернативою м'ясу та молочним продуктам [8].

Соя має унікальну універсальність у застосуванні: вона використовується як харчова, кормова та технічна культура. З її насіння виробляють сотні видів продуктів, а також застосовують як високоякісний корм для тварин [18].

У промисловому виробництві соя вирізняється високим вмістом білка (32-37%) та олії (15-26%), а також вуглеводів (22-33%) і зольних елементів, таких як калій, фосфор і кальцій. Вона багата на ферменти, вітаміни та інші органічні й неорганічні речовини. Білок сої має повноцінний амінокислотний склад, наближений до тваринних білків, що робить його легко засвоюваним для людей і тварин [80]. Завдяки цим характеристикам, у Китаї, Японії та Кореї соя займає провідне місце у раціоні, нарівні з овочами [81].

Особливість соєвого білка, зокрема гліциніну, полягає у здатності згортатися при закисленні, що дозволяє виготовляти широкий асортимент продуктів. Соя входить до складу понад тисячі харчових виробів, серед яких молоко, сир, котлети, замітники м'яса, крабів, креветок та птиці, а також бекон, ковбаси, кондитерські вироби й навіть сурогати кави. Соєве молоко сприяє профілактиці інфарктів, а продукти з сої мають антисклеротичні властивості. Крім того, у їжу вживають варені або консервовані незрілі соєві боби [46].

Завдяки своєму багатогранному хімічному складу та високій поживній цінності, соя залишається стратегічно важливою культурою для задоволення потреб у рослинному білку та харчових продуктах.

1.2 Структурні та біологічні характеристики соєвих рослин

Культурна соя, або щетиниста, належить до однорічних трав'янистих рослин родини Бобових, яка є однією з найбільш цінних і поширених культур у світовому землеробстві. Її морфологічні особливості забезпечують високий адаптивний потенціал до різних ґрунтово-кліматичних умов, що сприяє широкому географічному поширенню цієї культури.

Коренева система сої є стрижневою, що відіграє ключову роль у забезпеченні рослини поживними речовинами та водою. Головний корінь сої має грубу структуру й відносно короткий розмір, але він є основним елементом, який закріплює рослину у ґрунті та забезпечує початкове поглинання вологи. Від головного кореня відходять численні бічні корені, які вирізняються своєю тонкою і довгою будовою. Вони здатні проникати у ґрунт на значну глибину – до 2 метрів, що дозволяє рослині використовувати глибокі водні ресурси в умовах посухи [27].

Соя є рослиною родини Бобових, що вирізняється різноманіттям морфологічних характеристик і біологічних особливостей. Стебло сої, висота якого коливається від 20 см до 2 м, може бути прямостоячим, сланким або витким, з бічними гілками, які формують різні типи кущів: розлогі, напіврозлогі або стиснуті. Листки трійчасті, із малими прилистками, мають різну форму та опушення, яке полегшує збирання

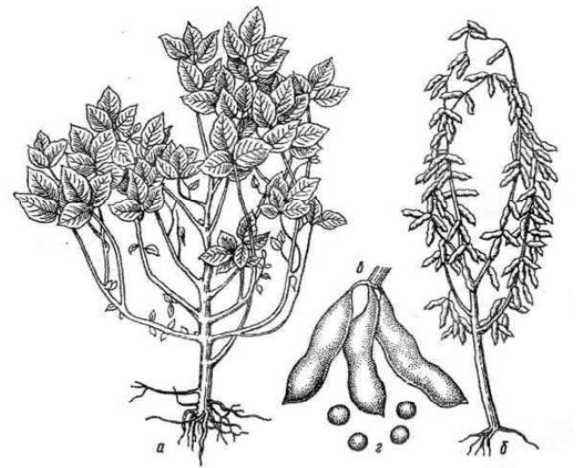


Рис. 1. Соя:

*а – рослина; б – рослина з досягаючими плодами;
в – боби; г – насіння.*

врожаю завдяки обпаданню листя при досягнанні. Квітки невеликі, білого або фіолетового кольору, зібрані у суцвіття типу китиці, а плоди – боби різної форми та кольору, що містять 1-4 насінини. Насіння має округлу або овально-видовжену форму, забарвлення варіюється від жовтого до чорного, а маса 1000 насінин становить 50-410 г. Соя є теплолюбною культурою з оптимальною температурою проростання 14-21°C і витримує короткочасні приморозки до -3-4°C. Упродовж вегетаційного періоду, тривалість якого становить 120-150 днів, культура потребує суми активних температур понад 1800°C для формування репродуктивних органів, а оптимальна температура для цвітіння, формування бобів і досягання становить 23-26°C. Соя характеризується високою адаптивністю до температурних умов, що робить її однією з найважливіших культур у світовому сільському господарстві.

Соя є досить стійкою до посухи рослиною, але все ж таки потребує достатньої кількості вологи у певні періоди свого росту. В перші етапи, від сходів до початку цвітіння, соя витрачає мінімум води, оскільки активно розвивається коренева система, а наземна частина росте повільно. Але під час цвітіння і формування бобів рослині потрібна максимальна кількість вологи. Якщо її не вистачає, це може призвести до опадання квіток і плодів, зменшення ваги насіння і зниження

врожайності. Оптимальними умовами для росту є гідротермічний коефіцієнт 1,1-1,8, а якщо він зменшується до 0,3-0,4, це вже вважається посухою.

Соя – рослина короткого дня, тому дуже чутлива до тривалості освітлення. На півночі, де день довший, фази розвитку затягуються, і продуктивність знижується. На півдні, завдяки коротшому дню, соя розвивається швидше, але це скорочує період вегетації. Для зменшення втрат при збиранні важливо правильно формувати густоту посівів: на зріджених посівах боби ростуть низько і їх складніше зібрати, а в загущених – рослини менше гілкуються, боби ростуть вище, що полегшує збирання. Наявність бур'янів також суттєво впливає на освітленість і врожайність, особливо в перші 45-55 днів, коли формуються генеративні органи.

Для вирощування сої найкраще підходять чорноземи, темно-сірі та каштанові ґрунти з нейтральним рівнем кислотності (рН 6,4-7,1) та високим вмістом органічних речовин. Кислі, заболочені, занадто легкі або важкі, а також солонуваті ґрунти для сої непридатні. Якщо рівень кислотності ґрунту нижчий за 5,6, соя погано росте і пригнічується.

1.3 Технологічні аспекти вирощування сої в умовах Лісостепу західного

Оптимальне розміщення сої в сівозміні є ключовим фактором для підвищення її врожайності. Це досягається не лише завдяки зниженню ризику хвороб, зменшенню кількості шкідників і бур'янів, але й через покращення водно-фізичних властивостей ґрунту та ефективніше використання поживних речовин [10].

Найкращими попередниками для сої вважаються озима пшениця, озимий ячмінь, ярі колосові культури, а також кукурудза, вирощувана на зерно, силос або зелений корм, якщо при цьому не застосовувалися гербіциди триазинової групи. Водночас сою не рекомендується висівати після бобових культур, томатів, соняшнику чи цукрових буряків, а також ближче ніж за 500 м від насаджень білої

та жовтої акації через наявність спільних шкідників і хвороб. Повернення сої на попереднє місце у сівозміні варто здійснювати не раніше ніж через 344 роки [15].

Соя є вибагливою до попередників, проте сама виступає чудовим попередником для багатьох культур, зокрема зернових. У просапній сівозміні вона забезпечує високу продуктивність ярих культур. Урожай ярої пшениці, висіяної після сої, може бути не меншим, ніж після чистого пару, а у вологі роки навіть перевищувати його. Після збирання сої в ґрунті залишається значна кількість поживних речовин: 65-85 кг азоту, 22-26 кг фосфору та 32-42 кг калію на гектар, що еквівалентно внесенню 11-16 тонн органічних добрив [19].

Підготовка ґрунту для вирощування сої має бути спрямована на ефективне знищення бур'янів, забезпечення оптимальних умов для розвитку кореневої системи, стимуляцію біологічної фіксації азоту бульбочковими бактеріями, а також створення сприятливого поживного режиму для росту та розвитку рослин. Обробіток ґрунту необхідно адаптувати залежно від попередника, рівня вологозабезпечення, ступеня засміченості бур'янами та рельєфу місцевості [41].

Після стерньових попередників проводиться луцення стерні (одне або два), а потім оранка на глибину 26-28 см із вирівнюванням поверхні поля. Якщо поле засмічене однорічними бур'янами, застосовують напівпаровий метод обробітку: літня оранка з однією-двома культиваціями для знищення бур'янів. На полях із багаторічними коренепаростковими бур'янами використовується пошаровий метод: луцення за допомогою лемішних луцильників із подальшою глибокою оранкою на 28-32 см після масової появи сходів бур'янів [33].

У зонах із достатнім зволоженням ґрунт обробляють із використанням пари. Після збору попередньої культури поле обробляють дисковими агрегатами, а після відростання бур'янів проводять оранку з додатковим обробітком культиваторами та боронами в літньо-осінній період [18].

Передпосівний обробіток спрямований на вирівнювання поверхні ґрунту, забезпечення рівномірного загортання та проростання насіння. Навесні, коли ґрунт

досягає оптимального стану, обробіток виконується з урахуванням погодних умов і стану поля. Як правило, це включає боронування, вирівнювання поверхні під кутом до оранки, внесення гербіцидів і передпосівну культивуацію [18].

Передпосівну культивуацію рекомендується проводити безпосередньо в день посіву на глибину загортання насіння (3-4 см). Це дозволяє уникнути пересихання верхнього шару ґрунту, додатково вирівняти поверхню, знищити проростки бур'янів і створити оптимальні умови для посіву сої [34].

Соя є однією з культур, що має високі вимоги до вмісту поживних речовин у ґрунті, особливо до азоту. Ефективність використання добрив залежить від агрохімічних властивостей ґрунту, рівня вологозабезпечення та сорту. Тому для внесення добрив необхідно застосовувати індивідуальний підхід [29].

Хоча соя здатна забезпечувати 60-75% своєї потреби в азоті завдяки біологічній фіксації, вона позитивно реагує на використання органічних і мінеральних добрив. Органічні добрива зазвичай вносять під попередні культури, але на бідних ґрунтах ефективним є спільне внесення органічних і мінеральних добрив безпосередньо під сою. На родючих ґрунтах приріст урожаю від добрив може бути невеликим, однак їх використання допомагає підтримувати родючість. Зелена маса сидеральних культур слугує ефективним органічним добривом, підвищуючи зв'язність ґрунту, покращуючи водно-повітряний режим і зменшуючи кількість бур'янів, що сприяє розвитку бульбочкових бактерій і кореневої системи [22].

Для формування 1 ц насіння соя використовує 7,3-10,2 кг азоту, 2,5-4,2 кг фосфору, 2,3-4,3 кг калію та інші елементи. Залежно від типу ґрунту вносять: на сірих лісових ґрунтах – 60-90 кг/га фосфорних і калійних добрив восени та 45 кг/га азотних навесні; на опідзолених чорноземах – 30-45 кг/га азотних, 60 кг/га фосфорних і 40-60 кг/га калійних. Якщо на коренях сої формується менше п'яти бульбочок, рекомендується підживлення фосфорними та азотними добривами у фазі бутонізації в нормі 20-30 кг/га [18].

Посів сої починають, коли ґрунт на глибині загортання насіння прогрівається до 12°C, а середньодобова температура стабілізується на рівні 10-14°C. У більшості регіонів України оптимальні строки сівби припадають на третю декаду квітня – першу декаду травня. За даними Інституту кормів УААН, у Лісостепу західному найкращі результати досягаються при температурі ґрунту 13°C на глибині 11 см [2].

Для посіву використовують відсортоване, вирівняне за розміром насіння з високою енергією проростання та схожістю. Передпосівна інокуляція насіння є обов'язковим заходом, що підвищує врожайність на 11-14%. У день сівби насіння обробляють бактеріальними препаратами, такими як ризогумін, ризоторфін, ризоаргін або ризобофіт (210 г/га). Це особливо важливо для ґрунтів, де сою вирощують уперше, адже такі препарати забезпечують рослинам доступ до активних бульбочкових бактерій у кількості не менше 2,6 млрд. на грам [32].

Для забезпечення рівномірних і здорових сходів сої насіння перед посівом рекомендується додатково обробити протруйником, наприклад, Вітавакс 200 ФФ (2,5 л/т), 0,5–1,0%-ним розчином молібденовокислого амонію та стимулятором росту, таким як агростимулін. Згідно з дослідженнями Інституту кормів НААН, такі заходи дозволяють збільшити врожайність сої на 3–4 ц/га [9].

Соя зазвичай висівається широкорядним способом із міжряддями 35-74 см. Для висококультурного землеробства з використанням ефективних гербіцидів застосовується рядковий спосіб сівби з міжряддями 16-23 см. Дослідження Інституту сільського господарства Північного Сходу показали, що рядковий спосіб дозволяє збільшити врожайність на 2-4 ц/га порівняно з широкорядним.

Норма висіву насіння залежить від групи стиглості сорту, умов вирощування та маси 1000 насінин і становить 455-855 тис. схожих насінин на 1 га або 85-125 кг/га. Для ранньостиглих сортів норму висіву слід збільшувати разом із зменшенням ширини міжрядь. Для пізньостиглих сортів, навпаки, норму висіву зменшують, а міжряддя збільшують, адже пізньостиглі сорти потребують більшої площі живлення [4].

Більш детально особливості вирощування сої в умовах Лісостепу західного представленні в табл. 1.1.

Таблиця 1.1

Особливості вирощування сої

Параметр	Рекомендації
Глибина загортання насіння	3-4 см за достатнього зволоження, 5-6 см при пересиханні верхнього шару ґрунту.
Сівалки для посіву	СУПН-6А-02, СУПН-8А-02, УПС-8, УПС-12, Клен-5,6, Sigma, John Deere 1780, Kinze, Great Plains, Kuhn, Nodet, Містраль 6000, СЗ-5,4.
Зменшення бур'янів (ґрунтові гербіциди)	Дуал Голд (1,0-1,4 л/га), Фронт'єр (1,1-1,7 л/га), Півот (0,5-0,8 л/га), Харнес (1,5-2,5 л/га). Півот також застосовують після появи 2-3 трійчастих листків.
Післясходові гербіциди	Базагран новий (1,75 л/га) + Хармоні (6 г/га); Базагран новий (2,0 л/га) + Тарга супер (1,0-1,5 л/га).
Безгербіцидний обробіток	До- та післясходове боронування, міжрядна обробка через 12-15 днів після сходів на глибину 5-6 см.
Фунгіциди проти хвороб	Альто Супер (0,4 л/га), Фортеця (0,5-1,0 л/га), Рекс Дуо (0,5 л/га), Топсін М (0,8 кг/га).
Акарициди проти шкідників	Омайт 570 (1,5 л/га), Ніссоран (0,5 кг/га), Санмайт (0,9 л/га), Талстар (0,3 л/га), Нурел Д (0,8 л/га).
Десикація (за вологості насіння 40-45%)	Реглон Супер (2-3 л/га), Скорпіон (2-3 л/га), Раундап Макс (2,4 л/га), Везувій (2-3 л/га).
Збирання	При вологості зерна 14-16%, висота зрізу рослин – 6-8 см, швидкість – 3-4 км/год.
Очистка насіння	Машини: ОВП-20А, ОВС-25, СВС-5, СВС-15-01, МЗ-10С; зерноочисні комплекси: ЗАВ-20, ЗАВ-40, КЗ-25, КЗ-50. Верхні решета: круглі (7,5-8 мм), нижні: (5-6 мм).

Джерело: сформовано за [2-12]

Глибина загортання насіння сої залежить від вологості ґрунту: за достатньої вологості вона має становити 3-4 см, а за пересихання верхнього шару ґрунту рекомендується збільшити до 5-6 см. Для посіву використовують різні типи сівалок, такі як СУПН-6А-02, John Deere 1780, Great Plains, та інші.

З метою боротьби з бур'янами використовують ґрунтові гербіциди, наприклад, Дуал Голд, Фронт'єр, Півот, Харнес. Їх можна вносити до посіву, після посіву або до появи сходів, щоб забезпечити захист на початкових етапах росту. Післясходові гербіциди, такі як Базагран новий або Тарга супер, застосовуються залежно від виду бур'янів.

У разі безгербіцидного вирощування використовують боронування до та після сходів, а також міжрядний обробіток через 12-15 днів після появи рослин. Це дозволяє ефективно контролювати бур'яни механічним способом.

Для боротьби з хворобами сої, такими як септоріоз і пероноспороз, застосовують фунгіциди, наприклад, Альто Супер, Фортеця, або Рекс Дуо. Проти шкідників, таких як павутинний кліщ чи соєва плодожерка, використовують акарициди, наприклад, Омайт або Талстар.

За вологості насіння 40-45% доцільно проводити десикацію з використанням препаратів, таких як Реглон Супер або Раундап Макс. Збирання сої здійснюють при вологості зерна 14-16%, дотримуючись висоти зрізу рослин 6-8 см і швидкості 3-4 км/год. Насіння після збору очищають на спеціалізованих машинах, таких як ОВС-25 або ЗАВ-40, використовуючи круглі чи продовгуваті решета відповідного розміру.

1.4 Роль бактеріальних добрив у збільшенні продуктивності сої

У сучасних технологіях вирощування сільськогосподарських культур важливу роль відіграють біологічно активні речовини, такі як стимулятори та регулятори росту. Вони дозволяють підвищити врожайність рослинництва на 25-30% і навіть більше [16].

Особливе місце у біологізації агроєкосистем займають ґрунтові мікроорганізми. В умовах обмежених ресурсів сучасного сільського господарства одним із ефективних способів оптимізації агроєкосистем є використання біологічних препаратів на основі азотфіксуючих і фосформобілізуючих бактерій [23,24].

Біологічна азотфіксація в посівах зернобобових культур є прикладом екологічно безпечної та ефективної технології, яка дозволяє максимально використовувати азот у бобово-ризобіальних системах, досягаючи коефіцієнта

ефективності до 100% [21,22]. Тому одним із головних напрямів сучасного землеробства є використання симбіотичної азотфіксації для підвищення врожайності бобових культур і покращення родючості ґрунтів [22,30].

Соя, як представник бобових культур, володіє унікальною властивістю – здатністю біологічно фіксувати азот з атмосфери. За вегетаційний період соя може накопичити 75-155 кг/га азоту, задовольняючи свої потреби в цьому елементі на 54-74% [28,30,31].

Крім того, азот, засвоєний бульбочковими бактеріями, позитивно впливає на продуктивність наступних культур у сівозміні, зменшуючи витрати на азотні добрива. Цей азот, що залишається у ґрунті разом із післяжнивними рештками, є екологічно безпечним і сприяє гуміфікації ґрунту. Це покращує його органічний склад, що позитивно впливає на врожайність польових культур.

Мікроорганізми, які колонізують кореневу систему рослин, виконують ще одну важливу функцію: вони створюють захисний бар'єр, не допускаючи проникнення патогенів. Завдяки цьому рослини, оброблені бактеріальними препаратами, стають більш стійкими до хвороб, оскільки поліпшується їхній загальний імунний стан.

Згідно з дослідженнями, при врожайності сої 22 ц/га та створенні сприятливих умов для азотфіксації, рослини здатні засвоювати близько 100 кг азоту з атмосфери на 1 га, з яких 52-62 кг залишається у пожнивних рештках [22,23]. Щорічно загальна біологічна фіксація азоту на планеті досягає приблизно 100 млн тонн [24]. Азот, який засвоюється симбіотичними бактеріями, накопичується у ґрунті поступово протягом усього вегетаційного періоду, виконуючи роль своєрідного «акумулятора» родючості. Проте, лише 5-9% азоту, асимільованого бактеріями, стає доступним для рослин у той же сезон. Підвищити ефективність цього симбіозу можна за допомогою активних форм бульбочкових бактерій [31].

Вплив мінерального азоту на врожайність бобових культур може бути як позитивним, так і пригнічувальним для бульбочкових бактерій, оскільки надлишок

мінерального азоту може знижувати їхню активність. У результаті, формування врожаю відбувається переважно за рахунок внесених добрив, а не біологічної фіксації [31].

В Україні розроблено низку біопрепаратів, таких як ризоторфін, ризоагрін та ризоентерін. Наприклад, ризоторфін, який застосовується для зернобобових культур, суттєво зменшує потребу у використанні мінерального азоту, водночас підвищуючи врожайність та якість продукції.

Використання біопрепаратів, які містять азотфіксувальні бактерії, дозволяє замінити 22-55 кг/га мінеральних добрив для бобових, злакових та овочевих культур, що не лише знижує витрати на добрива, а й позитивно впливає на екологічний стан ґрунтів [31].

Мінеральний азот засвоюється рослинами лише на 49%, тоді як дія біологічного азоту є пролонгованою і триває до трьох років. Протягом цього періоду рослини використовують близько 52-64% накопиченого азоту. Крім того, азотфіксувальні бактерії синтезують фітогормони, які стимулюють ріст рослин і підвищують ефективність засвоєння мінеральних добрив [30]. Для накопичення біологічного азоту в ґрунті необхідно активніше використовувати бактеріальні добрива, такі як ризоторфін та ризоагрін.

Біопрепарати азотфіксувальних мікроорганізмів не лише сприяють підвищенню врожайності, а й збільшують вміст білка у рослинах на 0,4-3,1% і більше [40]. Білок, отриманий в результаті азотфіксації, відзначається вищою якістю порівняно з білком, сформованим за рахунок мінерального азоту [39]. Інокуляція насіння бульбочковими бактеріями перед посівом підвищує врожайність сої в середньому на 2,6-4,8 ц/га. Застосування ризоторфіна забезпечує приріст врожаю на 11,4-21,9% [14], а за даними В.П. Патики, приріст може становити 18,6-34,9% [43].

Міжнародні дослідження демонструють, що найкращі результати досягаються при поєднанні інокуляції з низькими дозами азотних добрив.

Наприклад, за умов внесення P120K90 (фон) врожайність становила 10,3 ц/га, при поєднанні фону з інокуляцією штамом 6476 - 14,8 ц/га, а додавання N15 до фону та інокуляції збільшило врожай до 22,9 ц/га. Внесення N45 разом із фоном і штамом 647 дало результат у 18,2 ц/га [8].

У сприятливі за гідротермічними умовами роки бактеризація сої ризоторфіном забезпечувала приріст урожаю насіння в межах 3,3-4,4 ц/га, тоді як у менш сприятливі роки приріст складав лише 0,8-1,6 ц/га. Загалом інокуляція підвищувала врожайність сої на 1,3-1,8 ц/га порівняно з контролем, де врожайність становила 18,9 ц/га без застосування інокуляції [21].

Без інокуляції насіння соя поводить ся як звичайна зернова культура, виявляючи високу чутливість до азотних добрив. Проте інокульовані рослини (за врожайності 9,1-15,1 ц/га) здатні повністю забезпечувати себе азотом, виключаючи необхідність додаткового внесення цього елемента [19]. Симбіотичні рослини, які засвоюють азот із атмосфери, потребують більше фосфору і накопичують його в кореневій системі у значно більшій кількості, ніж за використання мінерального азоту. Фосфор сприяє утворенню бульбочок і стимулює активність азотфіксуючих бактерій, що позитивно впливає на ріст і розвиток бобових рослин. Як зазначає А.В. Манорик, вміст фосфору в бульбочках прямо пропорційний їхній азотфіксуючій активності [28]. При невеликому дефіциті фосфору азотфіксація не знижується, однак значний брак цього елемента призводить до суттєвого пригнічення процесу [50].

Деякі бактерії, такі як *Azotobacter* і *Agrobacterium*, можуть не лише фіксувати азот, а й мобілізувати фосфор із важкодоступних сполук ґрунту [30,35]. У нинішніх умовах економічної та екологічної кризи використання комплексних біопрепаратів дозволяє заощадити до 46 кг/га азотних і фосфорних добрив, підвищити врожайність зерна на 16-22% та збільшити вміст білка на 1,6-2,1%. Такі препарати, що містять фосформобілізуючі та азотфіксуючі бактерії (наприклад,

Bradyrhizobium japonicum 634 б), забезпечують живлення рослин рухомими формами фосфору та атмосферним азотом [35].

В Україні успішно використовуються біопрепарати на основі фосформобілізувальних бактерій, такі як альбобактерин, поліміксобактерин і фосфоробактерин. Особливо ефективною виявилася передпосівна обробка насіння сої фосфоробактерином на чорноземах степових районів. За врожайністю цей метод прирівнювався до внесення 45 кг/га суперфосфату під час оранки або культивації [39].

Спільна інокуляція азотфіксувальними та фосформобілізувальними бактеріями сприяє формуванню активного симбіозу, що забезпечує збільшення врожайності сої на 11-26% [9]. Крім того, внесення фосфорних і калійних добрив разом із інокуляцією активними штамми ризобію є обов'язковим елементом технології вирощування сої. Це підвищує симбіотичну активність і дозволяє зафіксувати до 125-145 кг/га азоту, що забезпечує високий врожай без використання мінерального азоту [14]. Незважаючи на досягнення, аналіз літератури показує недостатнє вивчення впливу агротехнічних факторів на продуктивність сої та відсутність досліджень.

РОЗДІЛ 2.

УМОВИ ПРОВЕДЕННЯ ТА МЕТОДИЧНИЙ ПІДХІД ДО ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Розташування об'єкта дослідження

У період 2023-2024 років дослідження проводилися на базі приватного підприємства «Черевичник», розташованого в селі Пашківці Хмельницького району Хмельницької області. Об'єкт досліджень знаходиться у зоні ЗахідномуЛісостепу України, що характеризується помірно-континентальним кліматом із чітко вираженими сезонними коливаннями температури та опадів.

Ґрунтові умови господарства представлені чорноземами опідзоленими середнього механічного складу, які є сприятливими для вирощування зернобобових культур, зокрема сої. Агрокліматичні умови регіону забезпечують можливість впровадження інтенсивних технологій вирощування сільськогосподарських культур із застосуванням сучасних добрив та засобів захисту рослин. Проведення досліджень у реальних виробничих умовах дозволило оцінити ефективність агротехнологічних заходів і дати практичні рекомендації для покращення врожайності та якості продукції.

Господарство спрямоване на виробництво зернових, зернобобових і технічних культур, що формує основу його аграрної спеціалізації. Цей напрямок діяльності забезпечує стабільне функціонування господарства, сприяє задоволенню потреб у продовольчій продукції та сировині для переробної промисловості. Основними культурами, які вирощуються, є пшениця, кукурудза, соя, ріпак та інші, що дозволяє ефективно використовувати земельний потенціал регіону.

Планування посівних площ і вибір культур базуються на ретельному аналізі ґрунтово-кліматичних умов, економічної доцільності та ринкових тенденцій.

Застосування сучасних технологій обробітку ґрунту, добрив і засобів захисту рослин забезпечує підвищення врожайності та якості продукції.

У таблиці 2.1 наведено дані про площі посівів і врожайність основних культур за останні три роки. Ці показники дозволяють оцінити динаміку розвитку господарства, ефективність агротехнологічних заходів і стабільність його діяльності. Аналізуючи ці дані, можна зробити висновки щодо перспективності окремих культур і необхідності оптимізації технологій вирощування для підвищення продуктивності та прибутковості господарства.

Таблиця 2.1

Площа посіву та урожайність основних с.-г. культур в господарстві, 2021-2023рр.

Культура	Площа посіву, гп				Врожайність т/га			
	2021	2022	2023	середня	2021	2022	2023	середня
Оз.пшениця	210	210	224	214,7	6,3	6,	7,5	6,8
Кукурудза	252	240	253,7	246,0	8,2	6,2	7,7	7,4
Соя	120,7	110	120	115	3,4	2,9	3,1	3,1
Ріпак озимий	220	240	235	231,7	3,5	3	3,4	3,3
Соняшник	210	260	240	236,7	3,2	2,8	3,1	3,0

Джерело: сформовано автором за даними підприємства

Згідно з наведеними у таблиці даними, соя займає 12,5% у структурі посівних площ господарства, що свідчить про її значний внесок у загальне зернове виробництво. Такий показник підкреслює актуальність проведених досліджень. Водночас, урожайність цієї культури в умовах господарства залишається нестабільною і потребує підвищення. Основним шляхом досягнення цього є оптимізація системи удобрення, оскільки ґрунтово-кліматичні умови регіону створюють передумови для отримання значно вищих потенційних урожаїв сої.

Господарство забезпечене якісною матеріально-технічною базою, що дозволяє ефективно проводити всі необхідні агротехнічні заходи. Машинно-транспортний парк господарства включає 6 тракторів, серед яких один важкий Т-

150К і два універсальних просапних трактори МТЗ-82 та ЮМЗ-6Л. Для збирання врожаю використовуються два зернозбиральні комбайни: Нива та Єнісей.

У господарстві також наявна спеціалізована техніка для висіву та обробітку різних культур, зокрема одна бурякова сівалка ССТ-12Б, одна кукурудзяна сівалка СПЧ-6 та дві зернові сівалки СЗТ-3,6. Для обробітку ґрунту використовуються культиватори УСМК-5,4 (1 шт.) і КПС-4 (1 шт.), а також плуги різних типів: ПЛН-4-35 (1 шт.), ПЛН-3,35 (1 шт.) і ПЛН-5-35 (1 шт.).

Такий набір техніки забезпечує належний рівень механізації основних технологічних процесів, сприяючи зниженню витрат часу та підвищенню продуктивності в господарстві.

2.2 Агрокліматичні характеристики регіону та погодні умови під час досліджень

Для створення ефективних технологій вирощування сої у Західному Лісостепу України важливо враховувати вплив екологічних і антропогенних чинників, керуючись основними принципами землеробства. Оптимізація таких технологій повинна поєднувати інтенсивні агротехнічні заходи з генетичним потенціалом сортів і раціональним використанням біокліматичних ресурсів регіону.

Клімат Західного Лісостепу має значний потенціал для вирощування середньоранніх та середньостиглих сортів сої. Регіон характеризується достатніми сумами активних температур, рівнем опадів, їх сезонним розподілом, а також високою інсоляцією, які сприяють росту, розвитку та формуванню якісного врожаю. Однак для повної реалізації потенціалу продуктивності скоростиглих і середньостиглих сортів наявних біокліматичних ресурсів недостатньо. Це вимагає впровадження інноваційних моделей агротехнологій і вдосконалення існуючих підходів до вирощування сої як високоврожайної білково-олійної культури.

Кліматичні умови Західного Лісостепу неоднорідні через географічне положення та геоморфологічні особливості території. Клімат регіону перебуває під впливом повітряних мас Атлантичного океану, що сприяє помірному клімату з теплим літом і відносно м'якою зимою. Однак із рухом у східному напрямку зростає континентальність клімату, що впливає на кількість опадів і коливання добових температур.

Таким чином, для підвищення ефективності вирощування сої у Західному Лісостепу необхідно враховувати специфіку біокліматичних ресурсів регіону, адаптувати технології до умов різних територій і використовувати найкращі агротехнічні практики. Це дозволить максимально реалізувати потенціал культури та отримати стабільно високі врожаї.

Найменше сонячного тепла земна поверхня Хмельниччини отримує взимку ($330\text{--}375 \text{ МДж/м}^2$). У літній період сумарна сонячна радіація досягає $1750\text{--}1850 \text{ МДж/м}^2$ залежно від територіального розташування. Річні показники сумарної сонячної радіації коливаються від 4200 МДж/м^2 у північних районах області до 4700 МДж/м^2 у південних. Середній річний радіаційний баланс змінюється від 1750 МДж/м^2 на півночі до 1950 МДж/м^2 на півдні області.

В умовах Західного Лісостепу, зокрема Хмельниччини, дослідження впливу моделей технологій вирощування сої на формування її продуктивності залишаються недостатньо вивченими. Це питання набуває особливої актуальності в умовах обмеженого ресурсного потенціалу, що характерний для сучасного сільського господарства регіону.

Ґрунтові умови Хмельниччини є відносно однорідними, хоча й мають певні відмінності. У регіоні нараховується 36 видів ґрунтів, що значно менше, ніж у Лісостепу загалом, де виявлено понад 150 типів. Однак проблема кислотності ґрунтів є актуальною для області. За даними зональної агрохімічної лабораторії, значна частина ґрунтів має кислу реакцію (табл. 2.2).

Характеристика ґрунтів Хмельниччини за рівнем кислотності

Рівень кислотності ґрунтів	pH	Площа, тис. га
Дуже сильнокислі	до 4,1	5
Сильнокислі	4,1–4,5	18
Середньокислі	4,6–5,0	210
Слабокислі	5,1–5,5	330
Близькі до нейтральних	5,6–6,0	270
Нейтральні	>6	600

Кислотність ґрунтів обмежує їхню придатність для вирощування польових культур, зокрема сої. У цьому контексті вапнування ґрунтів є важливим агротехнічним заходом для нейтралізації кислотності та поліпшення умов вирощування. Реалізація таких заходів сприятиме підвищенню врожайності польових культур і розкриттю потенціалу продуктивності сої в регіоні.

Дослідження виконувались на ґрунтах сірого лісового типу, які мають крупнопилувато легкосуглинковий механічний склад. Агрохімічна характеристика орного шару ґрунту включає наступні показники: вміст гумусу становить 1,09–1,16% (за методом Тюріна), кислотність (pH сольовий) варіюється від 5,5 до 5,7. Вміст легкогідролізованого азоту (за методом Корнфілда) знаходиться в межах 7,8–8,2 мг на 100 г ґрунту, а рівень рухомого фосфору і обмінного калію (за методом Чирикова) становить відповідно 11,5–12,7 і 8,1–9,2 мг на 100 г ґрунту.

Сірі лісові ґрунти, які поширені в зоні Лісостепу західного України, характеризуються низьким вмістом гумусу, що обумовлює їхню бідність на валовий азот. Резерви азоту у гумусному горизонті складають лише 5-6 т/га, що створює дефіцит цього елемента для сільськогосподарських культур. Внаслідок цього рослини, вирощувані на таких ґрунтах, демонструють високу чутливість до внесення азотних добрив, які значно покращують їхній ріст і врожайність.

Вміст валового фосфору в орному шарі сірих лісових ґрунтів варіюється від 0,06 до 0,12% залежно від гранулометричного складу. У структурі фосфатів переважають мінеральні форми, серед яких більше сполук заліза та алюмінію, ніж

кальцію. Зі збільшенням глибини ґрунту кількість кальцієвих сполук зростає, тоді як вміст сполук заліза та алюмінію знижується. Ця особливість робить фосфорні добрива особливо ефективними на сірих лісових ґрунтах.

Калій у цих ґрунтах знаходиться в обмеженій кількості. Він розташований у дифузному шарі колоїдних частинок і не проникає в кристалічну решітку, що знижує здатність ґрунту фіксувати внесений калій. У результаті сільськогосподарські культури позитивно реагують на калійні добрива. Таким чином, сірі лісові ґрунти бідні на рухомі форми азоту та калію, але порівняно добре забезпечені легкорозчинними формами фосфору, що робить їх придатними для вирощування різноманітних сільськогосподарських культур.

Через низький вміст гумусу та вимивання колоїдів ці ґрунти позбавлені стабільної агрономічної структури. Вони схильні до утворення ґрунтової кірки, яка сприяє прискореному випаровуванню вологи, затримує появу сходів, пошкоджує рослини та погіршує газообмін. Низька некапілярна шпаруватість обмежує здатність ґрунту підтримувати оптимальне співвідношення вологи та повітря, що є критичним для нормального росту і розвитку рослин.

Таблиця 2.3 містить дані, які відображають агрохімічні властивості сірих лісових ґрунтів, включаючи їхній склад і ключові показники родючості.

Ґрунт дослідної ділянки характеризується типовими фізико-хімічними показниками, властивими ґрунтам, поширеним у регіоні. Хоча сірі лісові ґрунти мають певні обмеження, їх агровиробничий потенціал дозволяє успішно вирощувати польові культури, зокрема сою, із досягненням високих показників урожайності.

Таблиця 2.3

Характеристика агрохімічного стану ґрунту дослідної ділянки, отримана за результатами проведеного обстеження

Глибина відбору зразків, см	Вміст гумусу, %	РН сольове	Гідролітична кислотність, мг.-екв. на 100 г ґрунту	Сума ввібраних основ, мг.-екв. на 100 г ґрунту	Ступінь насиченості основами, %
0-20	2,10	5,1	3,68	18,58	86
30-40	1,39	4,9	3,52	17,06	88
65-75	0,66	4,6	3,45	18,10	86
95-105	Не визначено	4,4	3,32	17,63	85
125-135	Не визначено	4,4	3,37	16,49	88

Джерело: сформовано автором за даними дослідження

Агрокліматичні особливості регіону, де проводилися дослідження, відзначаються характерними температурними, опадовими й сезонними параметрами:

1. Температурний режим. Середні значення температури в липні, найтеплішому місяці року, становлять $+19,2^{\circ}\text{C}$, тоді як у січні, найхолоднішому, фіксується $-6,3^{\circ}\text{C}$. Максимальні температури досягають $+39^{\circ}\text{C}$ (липень-серпень), а мінімальні опускаються до $-15\ldots-19^{\circ}\text{C}$ (січень-лютий).

2. Зимові умови. Сніговий покрив формується переважно наприкінці листопада (15-25 числа), і в середньому утримується протягом 110 днів. Перші осінні заморозки спостерігаються в жовтні, переважно в його середині.

3. Весняні показники. Весняні заморозки завершуються, як правило, в середині квітня (18 квітня), але в окремі роки можуть тривати до кінця травня (22 травня). Весна характеризується швидким підвищенням температури, що супроводжується зниженням вологості до 53% у квітні й 46% у травні. Середньодобова температура перетинає позначку $+5^{\circ}\text{C}$ у першій половині квітня, а $+10^{\circ}\text{C}$ – у третій декаді цього місяця. Тривалість теплого періоду становить 160-165 днів.

4. Літні умови. Літній сезон починається з теплої погоди, яка в липні й серпні переходить у спекотний режим із короткочасними сильними дощами та грозами. Такі погодні явища іноді викликають вилягання посівів.

5. Рівень опадів. Річна кількість опадів варіюється від 300 до 750 мм із середнім значенням 650 мм. У теплий період (з квітня по жовтень) випадає 370 мм, що становить дві третини річної норми. Найбільше опадів спостерігається в червні й липні (66 і 68 мм відповідно). Влітку нерідко виникають епізоди атмосферної посухи, які можуть бути як короткочасними, так і середньої тривалості.

У період досліджень кліматичні умови відзначалися підвищенням середньодобових температур до рівнів, що перевищували середньобаторічні норми, та дефіцитом опадів. Зокрема, у травні середньомісячна температура перевищувала звичні показники на 3-4 °С, що поєднувалося зі значно зниженою кількістю опадів. У червні кількість опадів становила лише 55 % від норми, а в липні – 75 %, що разом із аномально високими температурами (на 2,3–3,0 °С вище за норму) негативно впливало на перебіг ключових фенологічних фаз: цвітіння та формування бобів.

Такі погодні умови спричинили затримку чи порушення фаз росту, що позначилося на загальній продуктивності рослин. У серпні, коли середньодобова температура також була на 2–3 °С вищою за багаторічні значення, відсутність опадів додатково прискорила фазу досягання сої. Відомо, що в період дозрівання соя стає менш чутливою до теплових умов, проте надмірно високі температури можуть спричиняти прискорення цього процесу, що підтвердилося в умовах дослідження.

2.3 Структура експерименту та підходи до проведення досліджень.

Для досягнення поставлених цілей і вирішення дослідницьких завдань було організовано багатофакторний польовий експеримент, який забезпечив

систематичний підхід до вивчення впливу різних факторів на досліджувані процеси. Основна мета полягала в аналізі окремої дії та взаємодії трьох основних факторів, а саме:

Фактор А – сорт культури, що дає можливість оцінити особливості та відмінності продуктивності різних генотипів у заданих умовах;

Фактор В – інокуляція насіння, яка передбачає оцінку ефективності біологічної стимуляції за допомогою мікробних препаратів;

Фактор С – удобрення, що дозволяє визначити вплив рівня та виду внесених добрив на ріст і розвиток рослин.

Закладений експеримент включав комбінацію цих факторів для аналізу як їхнього індивідуального впливу, так і комплексної взаємодії, що наведено в таблиці 2.4. Такий підхід сприяв отриманню більш детальної та повної картини щодо впливу агротехнологічних заходів на продуктивність культури та її адаптивні властивості.

Таблиця 2.4

План дослідження.

Фактор А: сорт	Фактор В: інокуляція насіння	Фактор С: удобрення, кг/га д. р.
Кіото Кордоба	безінокуляції (контроль) Фосфонітрагін	Без добрив (контроль) N15P60K60 N30P60K60 N45P60K60 N30P60K60 + N15

Джерело: сформовано автором

Дослід проводився за факторним планом $2 \times 2 \times 8$, що забезпечило вивчення впливу та взаємодії трьох досліджуваних факторів. Площа облікової ділянки становила 50 м², а розміщення варіантів здійснювалося систематичним методом. Для підвищення точності результатів експерименту кожен варіант повторювався чотири рази.

Технологія вирощування сої відповідала агротехнічним рекомендаціям для зони проведення досліджень, за винятком тих елементів, що вивчалися в рамках експерименту. Попередником культури була озима пшениця, після збирання якої проводили основний обробіток ґрунту. Цей обробіток включав:

- лущення стерні на глибину 8–10 см,
- зяблеву оранку на 20–22 см.

Система удобрення передбачала базове внесення фосфорних і калійних добрив (гранульований суперфосфат і 40% калійна сіль) у дозі $P_{60}K_{60}$ під час основного обробітку ґрунту. Азотні добрива (аміачна селітра) вносили за схемою дослідження: частково під передпосівну культивацію та шляхом підживлення рослин у фазі бутонізації.

Протруєння насіння здійснювали за 14 днів до сівби із застосуванням препарату Максим XL 035 FS у дозуванні 1 л/т. У день сівби насіння інокулювали бактеріальним препаратом Фосфонітрагін, що має сертифікацію для використання в Україні. Процедура проводили згідно з рекомендаціями для сучасного ресурсозберігаючого землеробства, а рівень бактеріального навантаження забезпечував концентрацію 400 тисяч клітин на одну насінину.

Цей підхід дозволив комплексно оцінити ефективність застосовуваних добрив, інокулянтів і технологічних прийомів у зоні дослідження, з урахуванням специфічних ґрунтово-кліматичних умов.

Фосфонітрагін – це інноваційний мікробіологічний препарат, спеціально розроблений для обробки насіння сої. Його основою є активні штами бульбочкових бактерій (*Bradyrhizobium japonicum*) та фосформобілізуєчі мікроорганізми (*Bacillus mucilaginosus*). Завдяки поєднанню цих компонентів препарат забезпечує:

- 1) ефективне засвоєння мінеральних елементів живлення;
- 2) стимуляцію ростових процесів і прискорення розвитку рослин;
- 3) зниження ризику ураження фітопатогенами;

4) підвищення стійкості рослин до стресів, зумовлених несприятливими абіотичними факторами (посухою, коливаннями температури тощо).

Сівбу сої проводили за умови, що температура ґрунту на глибині 11 см досягла оптимального рівня 11-13 °С. Обраний спосіб сівби – широкорядний, із шириною міжрядь 50 см, що забезпечує рівномірний розподіл рослинного покриву.

Збирання врожаю здійснювали за допомогою комбайна Sampro-130 у фазі повної стиглості насіння, коли його вологість становила 15-17 %. Отриманий урожай після збирання очищували та проводили стандартизацію, перераховуючи показники на 100% чистоту та 15% вологість для забезпечення коректного порівняння результатів.

Усі спостереження, обліки та аналізи проводилися відповідно до загальноприйнятих методик, широко впроваджених у галузі рослинництва. Нижче наведено ключові аспекти та відповідні показники.

1. Фенологічні спостереження

Фенологічні фази розвитку рослин ретельно реєстрували відповідно до загальноприйнятих методик, викладених у документах «Державне сортовипробування сільськогосподарських культур» та «Основи наукових досліджень в агрономії». Ці методики дозволяють забезпечити стандартизацію та об'єктивність у відстеженні ростових і репродуктивних процесів рослин за різних варіантів дослідів.

Оцінювання фенологічних фаз здійснювали шляхом регулярного візуального обстеження дослідних ділянок. Початок кожної фази фіксували, коли відповідний стан спостерігався у 10% рослин, а повне проходження фази реєстрували за умови, що даний стан досягало 75% рослин на обліковій ділянці. Такий підхід забезпечує точність у визначенні тривалості періодів між фазами, що дозволяє оцінити вплив досліджуваних факторів на динаміку росту і розвитку культури. Результати наведено в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5

Фенологічні фази росту та розвитку сої

Фаза росту	Початок (10% рослин)	Повне проходження (75% рослин)
Сходи	05.05	07.05
Бутонізація	20.06	25.06
Початок цвітіння	01.07	05.07
Кінець цвітіння	20.07	25.07
Повний налив насіння	10.08	15.08
Фізіологічна стиглість	25.08	30.08

Облік густоти проводили двічі за вегетацію: на етапі сходів і перед збиранням. Польову схожість і збереженість розраховували за формулою:

$$П = \frac{З \cdot 100}{С} \quad (2.1)$$

де П – збереженість, %; З – кількість рослин перед збиранням (шт./м²); С – густина сходів (шт./м²).

Таблиця 2.6

Польова схожість і збереженість рослин

Варіант досліду	Густина сходів, шт./м ²	Густина перед збиранням, шт./м ²	Збереженість, %
Контроль	40,5	36,2	89,4
Інокуляція	42,7	39,8	93,2
Удобрення	45,1	41,5	92,0
Інокуляція + добрива	47,8	44,3	92,7

Перед збиранням урожаю з кожного варіанта досліду відбирали пробні снопи для детального аналізу структури врожаю та визначення індивідуальної продуктивності рослин. Урожайність визначали подільниковим методом, здійснюючи суцільний обмолот за допомогою прямого комбайнування. Отримані результати коригували відповідно до стандартів, приводячи їх до нормативних показників вологості та чистоти насіння [22].

Вологість насіння та масу 1000 насінин аналізували згідно з вимогами державного стандарту ДСТУ 4138-2002 [25].

Для обробки даних використовували методи дисперсійного та кореляційно-регресійного аналізу. Розрахунки виконували із застосуванням спеціалізованих програм, таких як Excel, Sigma, та Statistica, що дозволило забезпечити високу точність і надійність отриманих результатів [36].

На основі зібраних даних урожайності сої розраховували економічну ефективність її вирощування. При цьому враховували вплив інокуляції насіння та використання мінеральних добрив, що дозволило оцінити рентабельність запропонованих технологічних рішень.

РОЗДІЛ 3.

ОСНОВНІ ПІДСУМКИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО АНАЛІЗУ

3.1 Вплив агротехнологічних факторів на тривалість фаз розвитку та загальний період вегетації

Соя (*Glycine max* (L.) Merrill) є провідною зернобобовою культурою сучасного сільського господарства, оскільки її вирощування сприяє вирішенню проблем дефіциту білка, забезпечує додаткові джерела олії та збагачує ґрунти азотом. Ключовою умовою збільшення обсягів її виробництва є розробка й впровадження технологій вирощування, які максимально враховують генетичний потенціал сорту та вплив природних і антропогенних факторів, включаючи гідротермічний режим [9].

Досягнення високої врожайності сої залежить насамперед від оптимального рівня живлення, яке формується під впливом кліматичних умов, ґрунтової родючості, системи добрив, а також ефективності фотосинтетичних і симбіотичних процесів. Зміна режиму мінерального живлення безпосередньо впливає на умови росту й розвитку рослин [10].

Одним із найефективніших шляхів підвищення продуктивності сої є інокуляція насіння бактеріальними препаратами. Цей підхід сприяє покращенню біометричних характеристик рослин, стимулює процеси фотосинтезу та азотфіксації, подовжує вегетаційний період, що в результаті забезпечує формування вищої врожайності [21].

Таким чином, раціональний вибір агротехнічних прийомів створює сприятливі умови для розвитку рослин, що позитивно впливає на їх ріст, розвиток і кінцеву продуктивність.

Однією з ключових характеристик, що визначає адаптацію сорту до конкретної агрокліматичної зони, є тривалість вегетаційного періоду та його

окремих фаз. Цей показник є вирішальним, оскільки сорти повинні забезпечувати повноцінне досягання насіння за оптимальних строків сівби з мінімальними витратами на його досушування. Тривалість вегетації та фаз розвитку також впливає на загальну продуктивність культури [12].

На тривалість вегетаційного періоду впливають спадкові властивості сорту, кліматичні та ґрунтові умови, а також особливості технологій вирощування. Генетичні фактори визначають цей показник на 65 %, тоді як сукупність зовнішніх умов забезпечує решту 35 % [14].

Більшість сучасних сортів сої мають вузьку екологічну адаптованість, що обмежує їх вирощування певними географічними зонами. Зміщення сорту на північ чи південь призводить до змін тривалості вегетації, зниження врожайності, погіршення якості насіння та стійкості до шкідників і хвороб [15].

Дослідження, проведені впродовж 2023-2024 років, показали, що тривалість вегетаційного періоду та окремих фаз розвитку рослин сої суттєво залежали від погодних умов, специфіки сорту та застосованих агротехнічних заходів.

Тривалість періоду до появи сходів варіювалася залежно від погодних умов у роки досліджень, зокрема гідротермічного режиму. У 2023 році, за сприятливих температур і достатньої вологості ґрунту, сходи з'явилися дружно через 9-10 діб після сівби. Натомість у 2022 році, через надмірні опади, процес проростання насіння затягнувся, що призвело до зріджених та нерівномірних сходів, які з'явилися лише через 15-16 діб після посіву. Середня тривалість досходового періоду за роки досліджень склала 12 діб для сорту Кіото та 13 діб для сорту Кордоба. У сорту Кордоба сходи з'являлися на одну добу пізніше, ніж у сорту Кіото, що зумовлено його специфічними сортовими особливостями.

Таблиця 3.1

Тривалість міжфазних періодів росту і розвитку рослин сортів сої залежно від норм мінеральних добрив та інокуляції насіння, діб (у середньому за 2022- 2023 рр.)

Сорт	Удобрення	Тривалість від фази повні сходи до фази									
		бутонізація		початок цвітіння		кінець цвітіння		повний налив насіння		повна стиглість	
		б/і*	і	б/і*	і	б/і*	і	б/і*	і	б/і*	і
Кіото	Без добрив(контроль)	31	31	35	35	62	63	85	86	100	102
	N15P60K60	31	32	35	36	62	64	85	86	102	104
	N30P60K60	32	33	37	38	63	65	86	87	104	105
	N45P60K60	32	33	37	38	64	65	88	89	105	106
	N30P60K60 + N15	32	33	37	38	66	67	89	91	106	108
Кордоба	Без добрив(контроль)	36	36	41	42	71	72	91	92	111	111
	N15P60K60	36	37	41	42	71	72	91	92	111	112
	N30P60K60	37	38	42	43	73	74	93	94	112	113
	N45P60K60	37	38	43	44	74	75	94	95	113	114
	N30P60K60 + N15	37	37	43	43	76	77	96	97	116	118
НІР0,05 загальна		0,8		0,7		0,9		0,7		1,0	

*Примітка: б/і – варіанти досліду без застосування інокуляції;

і – варіанти досліду із застосуванням передпосівної інокуляції

Джерело: сформовано автором на основі дослідження

В умовах дослідження тривалість вегетаційного періоду сої залежала від внесення мінеральних добрив, інокуляції насіння та погодних факторів. У сорту Кіото цей період становив 100-108 діб, тоді як у сорту Кордоба – 111-118 діб. Сорт Кіото завершував вегетацію на 7-11 діб раніше, ніж Кордоба (табл. 3.1).

Погодні умови значно впливали на тривалість вегетаційного періоду [26]. У роки з підвищеною вологістю цей період подовжувався на 9-16 діб, тоді як у посушливі роки скорочувався через недостатність вологи, що уповільнювало ріст рослин і сприяло прискореному проходженню фенологічних фаз [27].

У наших дослідженнях рослини сорту Кіото накопичували суму активних температур у межах 2021,2–2138,1 °С, а сорт Кордоба – 2170,4–2266,6 °С (табл. 3.2). За цей період випало 231,8–245,2 мм опадів для Кіото та 247,1–279,2 мм для Кордоба, середньодобова температура становила 20,1–20,3 °С для першого сорту і 19,6–20,1 °С для другого. ГТК коливався у межах 1,1–1,2.

Найдовший вегетаційний період було зафіксовано у 2020 році: 101–107 діб для сорту Кіото та 110–117 діб для сорту Кордоба. У цей рік випало 308,7–337,2 мм опадів, середньодобова температура становила 18,6–19,5 °С, а ГТК – 1,4–1,5. Загалом, упродовж 2020–2021 років погодні умови були сприятливими, що дозволило рослинам досягати тривалості вегетації, притаманної їхній групі стиглості. Сума активних температур за цей період склала 2040,5–2324,4 °С.

Найменша тривалість вегетаційного періоду була зафіксована в контрольному варіанті досліду: у сорту Кіото цей показник становив 100-103 доби, а у сорту Кордоба – 111-112 діб. Проведення інокуляції насіння сприяло збільшенню тривалості вегетаційного періоду на 1 добу, незалежно від стиглості сорту.

Внесення мінеральних добрив у нормі N15P60K60 призвело до збільшення тривалості вегетаційного періоду у сорту Кіото до 103-105 діб, а у сорту Кордоба – до 112-113 діб. При підвищенні норми добрив до N30P60K60 вегетаційний період зріс до 105-106 діб у сорту Кіото та до 113-114 діб у сорту Кордоба.

Таблиця 3.2

Наявність гідротермічних ресурсів у період вегетації сортів сої (у середньому за 2023-2024 рр.)

Сорт	Удобрення	Показник							
		середньодобова температура повітря, °С		сума активних температур повітря >10, °С		сума опадів, мм		ГТК	
		проведення передпосівної інокуляції*							
		б/і*	і	б/і*	і	б/і*	і	б/і*	і
Кіото	Без добрив(контроль)	20,3	20,3	2032,5	2050,6	231,9	233,9	1,2	1,2
	N15P60K60	20,3	20,3	2056,0	2086,6	233,9	234,0	1,2	1,2
	N30P60K60	20,3	20,2	2084,5	2103,5	233,9	237,0	1,2	1,2
	N45P60K60	20,2	20,2	2109,6	2128,9	237,0	237,0	1,2	1,2
	N30P60K60 + N15	20,2	20,3	2127,6	2138,2	239,0	245,3	1,2	1,2
Кордоба	Без добрив(контроль)	20,2	20,1	218,7	2196,2	247,2	252,0	1,2	1,3
	N15P60K60	20,1	20,0	2200,6	2218,7	252,0	267,0	1,2	1,3
	N30P60K60	20,0	19,9	2214,4	2231,1	269,0	270,5	1,3	1,3
	N45P60K60	19,9	19,9	2231,6	2235,1	269,0	270,5	1,3	1,3
	N30P60K60 + N15	19,8	19,8	2254,2	2266,7	273,0	279,3	1,3	1,3

*Примітка: б/і – варіанти досліду без застосування інокуляції;

і – варіанти досліду із застосуванням передпосівної інокуляції

Джерело: сформовано автором на основі дослідження

Максимальна норма добрив N45P60K60 ще більше подовжила цей період: у сорту Кіото – до 106-107 діб, а у сорту Кордоба – до 114-115 діб. Найбільша тривалість вегетаційного періоду була зафіксована за умови внесення добрив у нормі N30P60K60 перед посівом та підживлення N15 у фазу бутонізації. У цьому варіанті вегетаційний період сорту Кіото становив 107-108 діб, а у сорту Кордоба – 117-118 діб.

Для аналізу тривалості вегетаційного періоду рослин сої сорту Кіото та Кордоба були побудовані рівняння регресії, що враховують кількість опадів (О),

середньодобову температуру (Т), суму активних температур (Та) та гідротермічний коефіцієнт (ГТК). Рівняння для кожного сорту представлено в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3

Рівняння регресії для опису тривалості вегетаційного періоду

Сорт сої	Рівняння регресії	Значимість (p-level)
Кіото	$B=108,2-4,64T+0,04Ta+0,07O-14,07ГТК$	< 0,05
Кордоба	$B=147,8-5,54T+0,03Ta+0,15O-35,2ГТК$	< 0,05
Кіото (бактеризація)	$B=109,3-4,79T+0,04Ta+0,06O-13,4ГТК$	< 0,05
Кордоба (бактеризація)	$B=150,2-5,51T+0,03Ta+0,17O-28,7ГТК$	< 0,05

Джерело: сформовано автором на основі дослідження

У представлений таблиці наведено рівняння регресії, які відображають залежність тривалості вегетаційного періоду (В) від основних гідротермічних факторів. Для сорту Кіото та Кордоба без бактеризації рівняння регресії демонструють, що гідротермічний коефіцієнт має найбільший негативний вплив на тривалість вегетації, а сума активних температур (Та) і кількість опадів (О) позитивно корелюють з цим показником.

У випадку бактеризації насіння вплив ГТК знижується, тоді як роль опадів у формуванні тривалості вегетаційного періоду зростає, особливо у сорту Кордоба, що вказує на специфічну адаптацію цього сорту до змін кліматичних умов.

Проведений регресійно-кореляційний аналіз показав, що тривалість вегетаційного періоду сої, як на фоні інокуляції насіння, так і без неї, залежить від кількох ключових факторів, включаючи суму активних температур, кількість опадів, середньодобову температуру повітря та гідротермічний коефіцієнт (ГТК).

Кореляційні коефіцієнти, отримані для сортів Кіото та Кордоба, наведено у таблиці 3.4.

Аналіз результатів. Без інокуляції: у сорту Кіото тривалість вегетації позитивно корелює з сумою опадів та ГТК, але має негативний зв'язок із середньою температурою повітря. У сорту Кордоба ситуація схожа, однак вплив суми активних температур є від'ємним.

Таблиця 3.4.

Коефіцієнти кореляції між тривалістю вегетаційного періоду та основними факторами

Фактор	Кіото (без інокуляції)	Кордоба (без інокуляції)	Кіото (з інокуляцією)	Кордоба (з інокуляцією)
Сума активних температур (r)	0,21	-0,39	0,36	0,30
Кількість опадів (r)	0,92	0,94	0,89	0,94
ГТК (r)	0,89	0,93	0,86	0,93
Середня температура (r)	-0,92	-0,95	-0,91	-0,94

Джерело: розраховано за даними аналізу

З інокуляцією Фосфонітрагіном: після бактеризації у обох сортів спостерігається зростання впливу суми активних температур і стабільний позитивний зв'язок з кількістю опадів і ГТК. Водночас середньодобова температура зберігає негативний вплив.

Вплив агротехнічних заходів Інокуляція насіння сприяла подовженню вегетаційного періоду на 1 добу для обох сортів.

Мінеральні добрива у дозах N15, N30, N45 на фоні P60K60 збільшували тривалість вегетаційного періоду на 2–6 діб у сорту Кіото та на 2–7 діб у сорту Кордоба. Найдовший період вегетації спостерігався при внесенні N30 перед посівом та додатковому підживленні N15 у фазу бутонізації: 106 діб для сорту Кіото і 116 діб для сорту Кордоба.

Тривалість вегетаційного періоду сої значною мірою залежить від погодних умов і технологічних заходів. Проведення інокуляції та застосування мінеральних добрив дозволяють ефективно регулювати тривалість ростових процесів, оптимізуючи врожайність кожного сорту в умовах конкретного регіону.

Дослідження показали, що комплекс гідротермічних умов і технологічних заходів суттєво впливає на тривалість не лише загального вегетаційного періоду сої,

але й окремих її фенологічних фаз. Результати фенологічних спостережень наведено нижче.

I. Початок бутонізації

Залежно від дії досліджуваних факторів:

- у сорту Кіото фаза бутонізації починалася через 32-34 доби після появи сходів;

- у сорту Кордоба цей період становив 37-39 діб.

Внесення мінеральних добрив незначно впливало на час настання фази бутонізації, тоді як інокуляція насіння препаратом Фосфонітрагін затримувала її початок на 1-3 доби.

II. Початок цвітіння

Рослини сорту Кіото починали цвісти через 35-37 діб після сходів, тоді як у сорту Кордоба цей період складав 41-45 доби. Застосування азотних добрив на фоні Р60К60 затримувало початок цвітіння на 1-3 доби. За поєднання інокуляції та добрив затримка досягала 1-4 діб порівняно з контрольними варіантами.

III. Закінчення цвітіння

Тривалість цвітіння також залежала від технологічних факторів і гідротермічних умов:

- у сорту Кіото закінчення цвітіння наставало через 62-66 діб;

- у сорту Кордоба цей період складав 71-76 діб після сходів.

Інокуляція продовжувала період цвітіння на 1 добу. Максимальна тривалість цвітіння спостерігалася за внесення N30 перед посівом на фоні Р60К60 та додаткового N15 у фазі бутонізації: у сорту Кіото цвітіння продовжувалося на 6 діб, а у сорту Кордоба – на 7 діб.

IV. Фаза наливу насіння

Фаза наливу насіння наставала:

- у сорту Кіото через 84-92 добу після появи сходів.

- у сорту Кордоба через 90-98 діб.

Дослідження підтвердили, що сумісне застосування інокуляції насіння Фосфонітрагіном і внесення азотних добрив (N30 перед посівом на фоні P60K60 та N15 у фазі бутонізації) сприяло подовженню вегетаційного періоду рослин. Це забезпечило кращі умови для формування продуктивності культури. Встановлено сильні кореляційні зв'язки між тривалістю вегетаційного періоду та гідротермічними умовами року, що підтверджує залежність фенологічних фаз від кліматичних і технологічних факторів.

3.2 Зміна щільності посівів та виживаності рослин сої

Високі врожаї сої можливі лише за умови створення посівів із оптимальною щільністю рослин, рівномірно розподілених на площі живлення та добре розвинених. Досягнення таких параметрів агрофітоценозу забезпечується своєчасними й дружними сходами, високими показниками польової схожості та виживаності рослин упродовж усього вегетаційного періоду [12, 26].

Соя, як світлолюбна культура, реалізує свій потенціал продуктивності лише за відповідності площі живлення та густоти стояння рослин сортовим вимогам. Надлишкова чи недостатня густина рослин призводить до нераціонального використання фотосинтетично активної сонячної радіації, що негативно впливає на загальну врожайність.

У зріджених посівах:

- 1) рослини інтенсивно гілкуються, утворюючи надмірну облиственість;
- 2) формується велика кількість насіння та бобів, проте через їх вагу й дію вітру гілки часто обламуються;
- 3) боби мають низьке прикріплення, нерівномірно дозрівають, що знижує врожайність з одиниці площі, попри високу індивідуальну продуктивність.

У загущених посівах:

1) погіршується освітленість рослин, знижується продуктивність фотосинтезу;

2) листя передчасно жовтіє й опадає;

3) зменшується кількість бобів і насінин, що знижує загальний врожай;

4) вплив польової схожості на густоту стояння

Польова схожість насіння визначає рівномірність розподілу рослин на площі. Низька схожість збільшує розрив між нормою висіву насіння та фактичною кількістю рослин до моменту збирання врожаю. Цей показник залежить від низки факторів, серед яких:

– посівні якості насіння;

– методи підготовки насіння до висіву;

– гідротермічні умови під час проростання;

– система удобрення, строки та способи сівби.

Раціональна організація щільності посівів і забезпечення оптимальних умов для розвитку рослин є основою для досягнення високих урожаїв сої. Виконання агротехнічних заходів, таких як підготовка насіння, правильний вибір способів сівби та оптимальне удобрення, є ключовими факторами для ефективного використання потенціалу культури.

Дослідження показали, що сортові особливості, а також взаємодія мінерального удобрення й бактеріальної обробки насіння, суттєво впливають на формування польової схожості та густоти стояння рослин сої.

Таблиця 3.5

Польова схожість та густота рослин сої залежно від сортових особливостей

Сорт	Польова схожість, %	Густота рослин, шт./м ²
Кордоба	87,8–95,5	56,3–61,8
Кіото	85,4–92,1	54,7–60,0

Отримані дані підтверджують значний вплив як генетичних особливостей сортів, так і агротехнічних прийомів на показники польової схожості та густоту

стояння рослин. Сорт Кордоба, завдяки вищій польовій схожості, демонструє більшу густоту рослин у фазі сходів, що може позитивно вплинути на подальшу продуктивність культури.

Дослідження показали, що внесення фосфорно-калійних добрив сприяло збільшенню польової схожості рослин на 1,2-1,3%, тоді як ефективність азотних добрив залежала від їх дози та сортових особливостей.

1. Доза N15 підвищувала польову схожість у сорту Кіото на 0,9%, у сорту Кордоба – на 1,3%, забезпечуючи густоту сходів 63,1 шт./м² і 65,4 шт./м² відповідно.

2. Доза N30 викликала незначне підвищення схожості: у скоростиглого сорту на 0,3%, у середньораннього – на 0,7%.

3. Доза N45 знижувала польову схожість на 4,0% у сорту Кіото та на 4,3% у сорту Кордоба.

Обробка насіння бактеріальним препаратом на основі *B. japonicum* та *B. tuniclaginosus* стимулювала проростання насіння, підвищуючи схожість на неудобрених варіантах на 2,3%, що забезпечило густоту сходів 64,1 шт./м² у сорту Кіото та 66,1 шт./м² у сорту Кордоба.

Вживаність рослин протягом вегетації визначалася умовами навколишнього середовища, сортовими особливостями та застосованими агротехнічними заходами. У середньому, на період збирання врожаю:

– у сорту Кіото вживаність становила 89,1-95,3%, забезпечуючи густоту стояння 55,7-60,6 шт./м²;

– сорту Кордоба вживаність була дещо нижчою – 88,2–94,8%, із густотою 56,9–62,5 шт./м².

Найвищі втрати спостерігалися на контрольних варіантах: у сорту Кіото вживаність становила 90,0%, у сорту Кордоба – 88,2%.

Внесення мінеральних добрив збільшувало вживаність:

– у сорту Кіото на 1,6-4,8%.

– у сорту Кордоба на 1,4-5,8%.

Поєднання мінерального удобрення (N30P60K60 + N15) із інокуляцією насіння підвищувало виживаність рослин:

- у сорту Кіото на 3,3-6,3%.
- у сорту Кордоба на 3,0-6,7%.

Найвищу густоту стояння рослин забезпечувала комбінація інокуляції насіння Фосфонітрагіном та внесення добрив у нормі N30P60K60 + N15:

- у сорту Кіото густота становила 60,6 шт./м².
- у сорту Кордоба – 62,5 шт./м².

Результати досліджень свідчать, що поєднання інокуляції насіння із застосуванням оптимальних доз мінеральних добрив є ключовим фактором для забезпечення високої польової схожості, виживаності рослин і, як наслідок, формування оптимальної густоти стояння сої до моменту збирання.

3.3 Особливості лінійного росту рослин сої під впливом різних норм мінерального удобрення

Вивчення процесів росту та розвитку рослин сої є важливим етапом у дослідженні технологій її вирощування. Знання про ріст культури дозволяють визначити найоптимальніші умови для створення високопродуктивних посівів, що є ключовим завданням агротехнології [22].

Одним із важливих чинників, які впливають на продуктивність сої, є висота рослин [23]. Її формування залежить від багатьох факторів, таких як сортові особливості, погодні умови впродовж вегетаційного періоду, тип ґрунту, кліматичні умови, довжина світлового дня та застосовані агротехнічні прийоми [4].

Лінійний ріст стебла, як одного з головних органів, що забезпечують транспортування органічних і мінеральних речовин, значною мірою визначає вертикальну структуру посіву. Це впливає на світловий і повітряний режим у посівах, а також на кількість сформованих генеративних органів [27].

Зазвичай висота рослин сої поступово збільшується впродовж вегетації. Однак несприятливі умови можуть знизити інтенсивність росту або навіть повністю зупинити лінійний ріст стебла. Таким чином, динаміка наростання висоти є важливим показником, що демонструє відповідність агротехнічних умов біологічним вимогам культури [6].

Наші дослідження підтвердили, що лінійний ріст рослин сої залежить від низки факторів: сортових особливостей, рівня мінерального удобрення, інокуляції насіння та погодних умов у період вегетації (табл. 3.6).

У фазі бутонізації найменшу висоту рослин було зафіксовано на контрольних варіантах. Внесення мінеральних добрив сприяло зростанню лінійного росту рослин: у сорту Кіото на 8,8-32,6%, а у сорту Кордоба – на 6,5-31,2%. Максимальна висота рослин (33,5 см у сорту Кіото та 30,9 см у сорту Кордоба) була досягнута за умов внесення добрив у нормі N45P60K60.

Позитивний вплив також спостерігався на варіантах із передпосівною інокуляцією насіння, що забезпечувала збільшення висоти рослин на 9,0-9,6%, залежно від сорту.

Найсприятливіші умови для лінійного росту рослин формувалися при комбінованому застосуванні мінеральних добрив та інокуляції насіння. У таких варіантах висота головного пагона сорту Кіото зростала на 19,1-43,4%, а сорту Кордоба – на 15,8-42,7% порівняно з контролем, залежно від доз і строків внесення добрив.

Дослідження динаміки лінійного росту рослин сої показало, що наростання їхньої біомаси тривало до фази фізіологічної стиглості. У цій фазі висота головного стебла досягала 78,8-96,4 см у сорту Кіото та 83,0-102,0 см у сорту Кордоба.

Мінеральні добрива мали найзначніший вплив на посилення ростових процесів, що підтверджується і результатами. Максимальна висота рослин у фазі фізіологічної стиглості: Кіото – 96,4 см. Кордоба – 102,0 см. Ці показники було досягнуто за умов передпосівної обробки насіння Фосфонітрагіном, внесення

добрив у нормі N30P60K60 перед посівом та підживлення N15 у фазі бутонізації. Порівняно з контрольними варіантами, висота рослин збільшилася на 22,5% у сорту Кіото та на 23,0% у сорту Кордоба.

Таблиця 3.6

Динаміка висоти рослин сої залежно від мінерального удобрення та інокуляції насіння, см (у середньому за 2023-2024 рр.)

Удобрєння	Інокуляція	Фази росту та розвитку				
		бутонізація	поч.цвітіння	кін. цвітіння	Налив насіння	Фізіологічна стиглість
Кіото						
Без добрив	1*	25,3	29,2	68,9	77,9	78,8
	2	27,7	31,8	71,6	80,4	81,4
N15P60K60	1*	29,6	33,5	72,7	82,3	83,6
	2	32,3	36,8	76,2	85,8	84,2
N30P60K60	1*	31,3	35,6	75,1	85,2	86,7
	2	34,1	38,7	79,8	89,2	90,9
N45P60K60	1*	33,5	38,0	76,7	86,3	88,1
	2	36,2	41,1	80,6	90,1	92,0
N30P60K60 + N15	1*	31,9	36,4	79,5	88,7	91,6
	2	34,7	39,7	84,0	93,3	96,4
Кордоба						
Без добрив	1*	23,6	26,5	71,4	81,9	83,0
	2	25,7	28,8	74,1	84,5	85,7
N15P60K60	1*	26,8	30,6	76,2	88,1	90,0
	2	29,4	33,5	79,9	91,4	93,4
N30P60K60	1*	28,6	32,3	79,4	90,4	92,6
	2	31,4	35,9	83,6	94,1	96,5
N45P60K60	1*	30,9	35,1	80,7	91,7	94,2
	2	33,6	38,3	84,8	95,2	97,8
N30P60K60 + N15	1*	29,1	33,2	83,1	94,1	97,2
	2	32,0	36,8	87,5	98,6	102,0
НІР _{0,05} загальна		1,70	1,94	3,22	3,88	4,03
НІР _{0,05} сорт		0,48	0,57	0,90	1,02	1,08
НІР _{0,05} удобрення		0,90	1,08	1,83	2,15	2,22
НІР _{0,05} інокуляція		0,48	0,57	1,02	1,02	1,08

Примітка: 1* – насіння без інокуляції; 2 – інокульоване насіння

Гідротермічний режим протягом вегетації значно впливав на ріст рослин. Кореляційно-регресійний аналіз показав сильну позитивну залежність між висотою рослин та кількістю опадів:

Сорт Кіото:

$$y = 1,3168x - 223,1$$

$$r = 0,880, R^2 = 0,7864.$$

Сорт Кордоба:

$$y = 1,3168x - 223,1$$

$$r = 0,947, R^2 = 0,8976.$$

Отже, найсприятливіші умови для лінійного росту рослин створювалися при поєднанні передпосівної інокуляції насіння Фосфонітрагіном із внесенням добрив у нормі N30P60K60 та додатковим підживленням N15 у фазі бутонізації.

3.4 Продуктивність окремих рослин сої

Формування врожаю насіння сої є складним і багатофакторним процесом, який обумовлений слабкою здатністю рослин регулювати кількість плодоносних стебел, тривалістю диференціації генеративних органів та значною залежністю від зовнішніх умов [22]. Урожайність культури слугує інтегральним показником, що дозволяє оцінити ефективність застосованої технології вирощування та її відповідність біологічним вимогам сорту [23].

Продуктивність сої значною мірою залежить від структури врожаю та індивідуальної продуктивності кожної рослини [8]. Під впливом ґрунтово-кліматичних умов, гідротермічного режиму протягом вегетації та застосованих технологій, відбуваються зміни в структурі врожаю. Ці зміни відображають забезпеченість рослин основними факторами життя на різних етапах росту й розвитку [12]. Максимальна реалізація біологічного потенціалу сорту можлива лише за оптимального співвідношення між структурними елементами врожаю, погодними умовами та агротехнічними заходами [14].

До ключових структурних показників врожаю належать:

- 1) кількість бобів на одній рослині;

- 2) кількість насінин у бобі;
- 3) маса 1000 насінин;
- 4) маса насіння з однієї рослини.

Структура врожаю сої залежить від застосування бактеріальних препаратів і рівня мінерального живлення під час вегетації. Сучасні високоінтенсивні сорти сої, які є більш вимогливими до поживних речовин, формують високий рівень продуктивності лише за умов оптимального забезпечення рослин елементами живлення.

Ефективність формування врожаю сої визначається сукупністю факторів, таких як сортові особливості, технологічні прийоми вирощування, погодні умови та забезпечення рослин поживними речовинами. Тільки за їхнього оптимального поєднання можна досягти максимальної продуктивності культури та реалізувати генетичний потенціал сортів. На основі проведених досліджень встановлено, що використання мінеральних добрив у поєднанні з інокуляцією насіння бактеріальним препаратом позитивно впливало на формування ключових елементів структури врожаю обох досліджуваних сортів сої (табл. 3.7).

Таблиця 3.7

Біометрична структура сортів сої залежно від норм мінеральних добрив та інокуляції (у середньому за 2023-2024 рр.)

Удобрєння	Висота прикріплення нижнього бобу, см		Кількість плодоелементів, шт./рослину				Маса насіння з однієї бобів насіння рослини, г	
			бобів		насіння			
	б/і	і	б/і	і	б/і	і	б/і	і
Киото								
Без добрив	11,8	11,6	13,9	16,9	26,5	29,0	3,54	4,05
N15P60K60	12,1	12,4	17,9	21,2	34,0	42,0	4,66	6,01
N30P60K60	12,3	13,0	18,1	22,0	35,0	45,6	4,84	6,56
N45P60K60	12,7	13,5	19,9	22,7	38,8	47,8	5,40	6,91
N30P60K60 + N15	12,9	14,2	21,0	24,8	40,5	51,1	5,71	7,51
Кордоба								
Без добрив	11,9	12,0	17,0	20,3	31,5	34,6	4,13	4,70
N15P60K60	12,5	12,9	22,0	25,2	40,6	48,0	5,42	6,67

N30P60K60	12,8	13,6	22,7	25,7	42,5	50,0	5,74	7,02
N45P60K60	13,2	14,1	24,0	26,8	44,1	51,4	6,00	7,29
N30P60K60 + N15	13,3	14,8	25,1	28,9	45,1	56,2	6,30	8,12
НІР _{0,05} загальна	1,13		2,37		4,13		0,87	
НІР _{0,05} сорт	0,12		0,44		0,88		0,21	
НІР _{0,05} удобрення	0,64		1,25		2,35		0,45	
НІР _{0,05} інокуляція	0,12		0,44		0,88		0,21	

Примітка: б/і – варіанти досліду без застосування інокуляції; і – варіанти досліду із застосуванням передпосівної інокуляції.

Серед структурних елементів врожайності сої кількість бобів на одній рослині є найбільш варіативним показником, оскільки залежить як від зовнішніх факторів, так і від біологічних особливостей сорту. За різних умов навколишнього середовища та технологій вирощування на одній рослині може формуватися від 10 до 500 бобів [25].

Технологічні заходи вирощування, такі як внесення добрив і обробка насіння бактеріальними препаратами, можуть суттєво впливати на цей показник, а відповідно й на врожайність культури [27].

У середньому кількість бобів на рослині становила: Кіото: 13,9 шт./рослині, Кордоба: 17,0 шт./рослині. Обробка насіння препаратом Фосфонітрагін збільшувала кількість бобів: у сорту Кіото на 21,8%; у сорту Кордоба на 19,6%.

Внесення мінеральних добрив значно підвищувало кількість бобів. У порівнянні з контролем їхня кількість зростала: у скоростиглого сорту Кіото на 22,6-51,5%, у середньораннього сорту Кордоба на 23,8-48,0%.

Найвищі показники кількості бобів на одній рослині були досягнуті за умов комплексного застосування інокуляції насіння Фосфонітрагіном та внесення добрив N30P60K60 + N15 у фазі бутонізації: Кіото: 24,8 шт./рослині (+80% до контролю). Кордоба: 28,9 шт./рослині (+70,5% до контролю).

Окрім кількості бобів, важливим елементом структури врожаю є кількість насіння з однієї рослини. Цей показник також може ефективно регулюватися шляхом застосування агротехнічних заходів, що впливають на забезпечення рослин поживними речовинами протягом усього вегетаційного періоду [8].

Результати проведених досліджень свідчать, що всі вивчені фактори, як окремо, так і у взаємодії, позитивно впливали на показники продуктивності рослин. Зокрема, бактеризація насіння сприяла збільшенню кількості насінин на одній рослині: у сорту Кіото цей показник зріс на 2,6 шт./рослину, а у сорту Кордоба – на 3,3 шт./рослину порівняно з контролем.

Внесення мінеральних добрив сприяло ще більшому зростанню цього показника у скоростиглого сорту Кіото кількість насінин зростала на 21,7-53,1%, у середньораннього сорту Кордоба – на 22,1-43,4%.

Максимальна кількість насінин на одній рослині спостерігалася при внесенні N30P60K60 + N15 у фазі бутонізації, що забезпечило: 40,5 шт./рослину у сорту Кіото та 45,1 шт./рослину у сорту Кордоба.

За сумісного застосування інокуляції насіння та мінерального удобрення цей показник досягав максимальних значень: у сорту Кіото – 42,0-51,1 шт./рослину (збільшення на 55,–93,7% порівняно з контролем); у сорту Кордоба – 48,0-56,2 шт./рослину (збільшення на 46,3-78,8%).

Маса насіння з однієї рослини є ще одним важливим показником продуктивності, що залежить від умов вирощування та біологічних особливостей сорту. За даними літератури, цей показник може коливатися від 0,1 до 30 г [22].

У наших дослідженнях максимальні значення маси насіння з однієї рослини були зафіксовані:

- у сорту Кордоба – 8,12 г/рослину, за умов бактеризації насіння препаратом Фосфонітрагін і внесення добрив у нормі N30P60K60 + N15;

- у сорту Кіото – 7,51 г/рослину за аналогічної технології вирощування.

Внесення лише мінеральних добрив також сприяло зростанню продуктивності: у сорту Кордоба маса насіння збільшувалася на 24,5-61,6% та у Кіото – на 23,4-52,8% порівняно з контрольним варіантом.

Найкращі результати у розрізі удобрення були отримані за роздрібного внесення азотних добрив: 6,30 г/рослину для сорту Кордоба і 5,71 г/рослину для сорту Кіото.

Таким чином, використання інокуляції насіння у поєднанні з оптимальними нормами мінеральних добрив сприяло суттєвому підвищенню індивідуальної продуктивності рослин сої. Це дозволяє рекомендувати такі технологічні підходи для отримання високих урожаїв.

3.5 Вплив передпосівної обробки насіння на симбіотичну продуктивність сої

Ріст і продуктивність бобових культур значною мірою залежать від ефективності їх симбіотичних взаємовідносин із бульбочковими бактеріями. Ці бактерії забезпечують рослини азотом, покращуючи їхнє живлення та сприяючи формуванню високих урожаїв. Одним із найбільш результативних способів підвищення ефективності бобово-ризобіального симбіозу є використання спеціалізованих препаратів на основі активних штамів бульбочкових бактерій.

Бульбочкові бактерії виконують важливу функцію: вони фіксують атмосферний азот і мобілізують важкодоступні сполуки фосфору з ґрунту. Ця діяльність не лише підвищує родючість ґрунту, але й дозволяє значно скоротити потребу у внесенні мінеральних азотних і фосфорних добрив [11]. Як наслідок, це сприяє економії фінансових ресурсів господарств, особливо в умовах постійного зростання цін на добрива.

Використання препаратів на основі активних штамів бульбочкових бактерій є не лише агрономічно ефективним, а й економічно вигідним рішенням. Це дозволяє оптимізувати витрати на добрива, підвищити продуктивність рослин і забезпечити більш раціональне використання природних ресурсів.

Дослідження показали, що формування бульбочок на коренях сої залежить як від особливостей сорту, так і від передпосівної інокуляції насіння. На ранніх стадіях розвитку рослин, до фази гілкування, кількість і маса бульбочок у сортів Кіото та Кордоба були практично однаковими. Це свідчить про те, що процес утворення бульбочок у цих сортів на початкових етапах розвитку проходить подібним чином.

У період формування бобів було зафіксовано значне збільшення кількості та маси бульбочок порівняно з початковими показниками. Це вказує на те, що процес наростання бульбочок продовжується і на більш пізніх етапах розвитку рослин. Під час цього періоду маса бульбочок у сорту Кіото становила 1,49 г, що перевищувало показник сорту Кордоба (1,45 г). Це свідчить про те, що сорт Кордоба має вищий симбіотичний потенціал і більшу здатність до асоціації з бульбочковими бактеріями, ніж сорт Золотиста.

Таблиця 3.8

Кількість бульбочок на рослинах сої залежно від передпосівної обробки насіння

Сорт	Обробка насіння (Фактор Б)	Фази росту і розвитку			
		Гілкування		При формуванні бобів	
		кількість бульбочок, шт	маса бульбочок, г	кількість бульбочок, шт	маса бульбочок, г
Кіото	Без добрив	13	0,32	25	0,58
	N15P60K60	34	0,69	75	1,45
	N30P60K60	22	0,43	48	0,95
	N45P60K60	20	0,35	41	0,82
	N30P60K60 + N15	16	0,34	28	0,59
Кордоба	Без добрив	36	0,71	77	1,49
	N15P60K60	26	0,45	54	0,98
	N30P60K60	27	0,49	56	0,99
	N45P60K60	22	0,38	42	0,90
	N30P60K60 + N15	26	0,56	55	1,06

Результати дослідження підтверджують, що симбіотична активність рослин сої варіюється залежно від сорту, а також що наростання бульбочок триває

протягом усього вегетаційного періоду, зокрема у фазі формування бобів. Сорт Кордоба демонструє кращу здатність до симбіотичних взаємодій порівняно із сортом Кіото, що може позитивно вплинути на ефективність азотного живлення.

3.6 Економічна оцінка технологій вирощування сої

Соя, як цінна високобілкова та олійна культура, продовжує набувати популярності, що призводить до розширення площ її вирощування. Досягнення у сфері селекції сприяють появі нових високопродуктивних та технологічних сортів, які здатні максимально ефективно використовувати ресурси [17]. Для успішного впровадження таких сортів необхідно розробляти технології вирощування, які дозволять реалізувати їхній потенціал продуктивності та забезпечити високу рентабельність виробництва.

Оцінка економічної ефективності є обов'язковим етапом при впровадженні нових агротехнічних рішень. Рентабельність технологій вирощування залежить від їх здатності забезпечувати максимальний врожай за мінімальних витрат.

Чистий прибуток визначається як різниця між доходами від реалізації врожаю та витратами на його виробництво, тоді як рентабельність розраховується як відсоткове співвідношення прибутку до загальних витрат [17]. Ефективні технології забезпечують раціональне використання ресурсів, що дозволяє отримати значний економічний результат.

Результати проведеного економічного аналізу свідчать, що на рівень ефективності виробництва сої значний вплив мали такі чинники, як інокуляція насіння, внесення мінеральних добрив та сортові особливості культури. Ці фактори впливали не лише на врожайність, але й на собівартість отриманої продукції (табл. 3.9). Їх раціональне поєднання дозволяє підвищити прибутковість виробництва та забезпечити стабільний економічний результат.

На варіантах, де використовували мінеральні добрива без інокуляції насіння, виробничі витрати збільшувалися на 4319-6095 грн/га для сортів Кіото та Кордоба порівняно з контролем. Це спричиняло зростання собівартості продукції: у сорту Кіото – на 222-1431 грн/т, а у сорту Кордоба – на 427-1025 грн/т.

Комбінація мінерального удобрення з бактеризацією насіння сприяла зростанню врожайності сої, що, в свою чергу, знижувало собівартість однієї тонни насіння. Проте між сортами спостерігалися відмінності. Наприклад, у сорту Кіото при внесенні N30-45P60K60 на фоні інокуляції собівартість була на 258 грн/т нижчою за контроль, тоді як у сорту Кордоба вона, навпаки, зросла на 46 грн/т.

Таблиця 3.9

Економічна ефективність вирощування сої залежно від норм мінеральних добрив та інокуляції

Удобрення	Інокуляція	Виробничі витрати, грн/га	Вартість урожаю, грн	Собівартість 1 т, грн	Чистий прибуток, грн	Рівень рентабельності, %
Кіото						
Без добрив	1*	16006	33076	8469	17070	108
	2	16599	37743	7697	21145	128
N15P60K60	1	20824	38209	9538	18386	84
	2	21417	43109	8695	23693	102
N30P60K60	1	21324	40776	9153	20453	92
	2	21917	47193	8128	23276	116
N45P60K60	1	21824	43168	8848	22344	99
	2	22417	47776	8212	29358	114
N30P60K60 + N15	1	22098	44509	8688	26410	102
	2	24693	58868	7808	34175	125
Кордоба						
Без добрив	1	14605	38267	6679	26662	163
	2	15198	42583	6246	29385	181
N15P60K60	1	19423	44275	7677	26852	129
	2	20016	47367	7395	29350	138
N30P60K60	1	19923	46608	7481	27685	135
	2	20516	49642	7233	30125	143
	1	20423	47717	7490	31293	135

N45P60K60	2	21016	50458	7289	30442	141
N30P60K60 + N15	1	20699	50983	7105	33284	147
	2	21292	59417	6724	38125	161

Примітка: 1* – насіння без інокуляції; 2 – інокульоване насіння

Економічна оцінка технологій вирощування сої спрямована на визначення оптимальних агротехнічних заходів, які забезпечують високу врожайність і рентабельність при мінімальних витратах. Застосування інокуляції насіння бактеріальними препаратами, раціонального внесення мінеральних добрив (зокрема, N30P60K60 + N15) та вибір високопродуктивних сортів сприяють зниженню собівартості продукції та підвищенню чистого прибутку. Наприклад, прибуток досягає 34175 грн/га для сорту Кіото та 38125 грн/га для сорту Кордоба при рівні рентабельності 125% і 161% відповідно. Такий підхід дозволяє оптимізувати використання ресурсів і підвищити економічну ефективність виробництва сої.

На основі отриманих результатів досліджень рекомендовано такі агротехнічні заходи для досягнення урожайності насіння сої скоростиглих та середньоранніх сортів на рівні 3,1-3,6 т/га в агроформуваннях Лісостепу Західного:

- використовувати для посіву скоростиглий сорт сої типу «Кіото» та середньоранній сорт типу «Кордоба»;

- виконувати інокуляцію насіння комплексним бактеріальним препаратом, що містить штами бульбочкових бактерій (*B. japonicum*) та фосформобілізуєчих мікроорганізмів (*B. mucilaginosus*) у рекомендованій дозі;

- вносити мінеральні добрива в нормі N30P60K60 під основний обробіток ґрунту та N15 для підживлення під час фази бутонізації рослин.

ВИСНОВКИ

У роботі виконано теоретичне обґрунтування та практичне впровадження, спрямоване на особливості продуктивності технології вирощування сої шляхом вдосконалення агротехнічних заходів умовах фермерського Лісостепу західного, а саме на базі приватного підприємства «Черевичник», розташованого в селі Пашківці Хмельницького району Хмельницької області.

1. Соя є стратегічно важливою білково-олійною культурою, що завдяки високому вмісту білка та універсальності застосування залишається незамінною для харчової промисловості, тваринництва й технічного виробництва. Її глобальне виробництво постійно зростає завдяки впровадженню сучасних технологій, виведенню високоврожайних сортів і оптимізації агротехнічних процесів. Сьогодні соя займає ключове місце в забезпеченні продовольчої безпеки, особливо в Україні, яка входить до десятки світових лідерів із виробництва та експорту цієї культури. Для стабільного зростання врожайності необхідно зосередитись на адаптації технологій до природних умов, ефективному управлінні ресурсами та розширенні посівних площ.

2. Культурна соя, як однорічна рослина родини Бобових, є високопродуктивною культурою з унікальними біологічними властивостями та широкою адаптацією до різноманітних кліматичних умов. Завдяки стрижневій кореневій системі, здатній проникати глибоко в ґрунт, соя демонструє високу стійкість до посухи, хоча в період цвітіння та формування бобів потребує достатньої кількості вологи. Рослина відзначається коротким вегетаційним періодом і залежністю від довжини світлового дня, що впливає на її продуктивність у різних регіонах. Оптимальні ґрунти для вирощування сої – чорноземи та каштанові з нейтральною кислотністю, а правильне розміщення у сівозміні сприяє підвищенню врожайності. Успішне вирощування культури передбачає врахування попередників, оптимізацію агротехнічних заходів, використання добрив та

інокулянтів, а також боротьбу з бур'янами й шкідниками, що забезпечує отримання стабільних врожаїв високоякісного насіння.

3. Дослідження показали, що найтриваліший вегетаційний період у сої сортів Кіото (108 діб) та Кордоба (118 діб) спостерігався при внесенні добрив у нормі N30P60K60 у поєднанні з підживленням N15 у фазі бутонізації та інокуляцією насіння препаратом «Фосфонітрагін». Без удобрення й за умови обробки насіння інокулянтом вегетація подовжувалася лише на 1 добу, тоді як внесення повного комплексу добрив для необробленого насіння збільшувало тривалість на 1-6 діб у скоростиглого сорту та 1-7 діб у середньораннього.

4. Найкращі умови для росту й розвитку рослин були досягнуті за поєднання інокуляції насіння штамами бульбочкових бактерій (*Br. japonicum*) і фосформобілізуючих мікроорганізмів (*B. mucilaginosus*) з внесенням N30P60K60 і підживленням N15. У таких умовах виживаність рослин досягала 95,3 % у сорту Кіото й 94,8 % у сорту Кордоба, що забезпечувало густоту стояння 60,6 та 62,5 рослин/м² відповідно.

5. Максимальна висота рослин сорту Кордоба (102,0 см) і сорту Кіото (96,4 см) була зафіксована на варіантах із внесенням N30 у поєднанні з P60K60 та підживленням N15 у фазі бутонізації. Зростання висоти в порівнянні з контрольним варіантом становило 23,0 % для Кордоби та 22,5 % для Кіото.

6. Найбільшу продуктивність рослин, зокрема максимальну кількість бобів (28,9 шт.), насінин (56,2 шт.) та масу 1000 насінин (144,7 г), показав сорт Кордоба на ділянках із внесенням N30P60K60 і N15 у поєднанні з інокуляцією. У сорту Кіото спостерігалася аналогічна тенденція, однак абсолютні показники продуктивності були дещо нижчими.

7. Урожайність насіння досягала максимальних показників за комбінованого застосування інокуляції та внесення добрив. Сорт Кіото забезпечував урожайність 2,92 т/га, тоді як Кордоба – 3,18 т/га, що перевищувало контрольний варіант на 55 % і 44,8 % відповідно.

8. Економічний аналіз довів високу ефективність таких підходів: прибуток від вирощування сорту Кіото складав 34175 грн/га, а сорту Кордоба – 38125 грн/га, із рівнем рентабельності 125 % і 161 % та собівартістю продукції 7808 грн/т і 6725 грн/т відповідно.

9. Для забезпечення урожайності насіння сої на рівні 3,1-3,6 т/га в умовах Лісостепу Західного рекомендовано вирощувати скоростиглий сорт «Кіото» та середньоранній «Кордоба», проводити інокуляцію насіння препаратами з бульбочковими бактеріями (*Br. japonicum*) і фосформобілізуючими мікроорганізмами (*B. mucilaginosus*), а також вносити мінеральні добрива N30P60K60 під основний обробіток ґрунту та N15 у фазі бутонізації.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Агробіологічні основи вирощування сої та шляхи максимальної реалізації її продуктивності : монографія / Заболотний Г. М., Мазур В. А. та ін. Вінниця: ТОВ «ТВОРИ», 2020. 270 с.
2. Білявська Л. Г., Білявський Ю. В., Мазур О. В., Мазур О. В. Адаптивність та селекційна цінність сортів сої за вирощування в різних ґрунтовокліматичних умовах України. *Сільське господарство та лісівництво*. 2021. № 3 (22). С. 96-107.
3. Білявська Л. Г., Рибальченко А. М. Мінливість тривалості вегетаційного періоду у колекційних зразків сої. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. Полтава, 2018. № 2. С. 85-92.
4. Бахмат О. М., Федорук І. В. Продуктивність сортів сої та якості насіння в умовах Лісостепу Західного. *Інноваційні технології в рослинництві : матеріали III Всеукр. наук. інтернет-конф.*, 15 лип. 2020 р. ПДАТУ, МНАУ. Кам'янець-Подільський. С. 15-17.
5. Бахмат М. І., Бахмат О. М., Федорук І. В. Моделювання адаптивної сортової технології вирощування сої у господарствах Хмельницької області: рекомендації. Кам'янець-Подільський, 2019. 33 с.
6. Бричко А.М, Зубенок А.В. Економічна ефективність застосування добрив під сою. *Збірник праць Мукачівського державного університету. Серія Економіка і суспільство*. 2018. Випуск 18.. С. 302-308.
7. Вдовенко С.А., Шевчук В. В., Шевчук О. А., Дєдов О. В. Насіннева продуктивність сої за дії стимулюючих препаратів росту. *Сільське господарство та лісівництво*. 2021. № 21 С. 34-46.
8. Господаренко Г.М., Прокопчук І.В., Бойко В.П. Засвоєння основних елементів живлення соєю з ґрунту й добрив. *Агрохімія і ґрунтознавство*. 2020. №89. С. 63-70.

9. Гутянський Р. А. Вплив комбінацій післясходових гербіцидів з регуляторами росту рослин і мікродобрином на показники вирощування сої. *Збалансоване природокористування*. 2018. №1. С. 48-55.
10. Городиська І.М., Ліщук А.М., Чуб А.О., Монарх В.В. Особливості органічного насінництва сої в контексті євроінтеграції України. *Сільське господарство та лісівництво*. 2018. № 2 (9). С. 102-114.
11. Глупак З. І. Оптимізація густоти стояння рослин сої залежно від групи стиглості сорту для умов північно-східної частини Лісостепу України. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2020. № 2. С. 23-25.
12. Дідур І.М. Вплив передпосівної обробки насіння та позакоренових підживлень на динаміку формування площі листової поверхні рослин сої. *Сільське господарство та лісівництво*. 2022. № 4 (27). С. 5-14.
13. Дудка А. А. Функціональна діагностика мінерального живлення та врожайність рослин сої за внесення мікродобрив. Матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції «Наукові засади підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва», (Харків, 26-27 листопада 2020 р.). Харків, 2020. С. 182-184.
14. Думич В. Вплив біопрепаратів на ефективність вирощування сої в Західному регіоні України. В.І. Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України: Зб. наук. пр. УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого. 2020. Випуск 26 (40), С. 292-298.
15. Івасик М.В. Формування продуктивності нових сортів сої в умовах лісостепу. *Землеробство, рослинництво, овочівництво та баштанництво. Таврійський науковий вісник*. 2024. № 133. С. 19-24.
16. Заболотний Г.М., Мазур В.А., Циганська О.І., Дідур І.М., Циганський В.І., Панцирева Г.В. Агробіологічні основи вирощування сої та шляхи максимальної реалізації її продуктивності. Вінниця. 2020. 275 с.

17. Забарна Т. А. Вплив позакоренових підживлень на показники симбіотичної діяльності сої. *Polish journal of science*. 2020. № 25. Р. 6-11.
18. Кобак С., Колісник С., Сереветник О., Чорна В. Мінеральне живлення сої. *The Ukrainian farmer*. 2017. № 4. С. 123-129.
19. Кобак С.Я., Сереветник О.В., Чорна В.М. Обов'язковий елемент технології вирощування сої – бактеризація. *Агробізнес сьогодні. Технології сьогодні*. 2017. № 4. С.62-65 (88). С. 112-117.
20. Мазур В. А., Гончарук І. В., Панцирева Г. В., Телекало Н. В. Агроекологічне обґрунтування технологічних прийомів вирощування зернобобових культур. Монографія. Вінниця: Твори, 2020. 192 с.
21. Мазур В.А., Ткачук О.П., Вергеліс В.І. Ранньостиглі сорти сої в умовах інтенсивного землеробства та зміни клімату. *Сільське господарство та лісівництво*. 2022. № 3 (26). С. 5-17.
22. Мазур О.В. Оцінка сортозразків сої за комплексом цінних господарських ознак. *Сільське господарство та лісівництво*. 2019. № 1 (12). С. 98-115.
23. Мазур В.А., Ткачук О.П., Дідур І.М., Панцирева Г.В. Технологічність та агроекологічна стійкість скоростиглих сортів сої. *Сільське господарство та лісівництво*. 2021. № 4 (23). С. 96-111.
24. Молдован В.Г., Молдован Ж.А., Собчук С.І. Строк сівби як спосіб підвищення врожайності сортів сої з різним вегетаційним періодом. *Корми і кормовиробництво*. 2021. Вип. 91. С. 71-81
25. Окрушко С.Є. Оцінка впливу гербіцидів та удобрення на забур'яненість і урожайність сої. *Сільське господарство та лісівництво*. 2022. № 1 (24). С. 114- 127.
26. Польовий В.М., Яценко Л.А., Ровна Г.Ф. Формування продуктивності сої (*Glycine Max* (L.)) на дерново-підзолистому ґрунті за різних доз удобрення і меліорантів. *Вісник ЛНУП. Серія: агрономія*. 2023. Вип. 1. С.26-34.
27. Поліщук І.С., Поліщук М.І. Особливості формування продуктивності сої сорту омега вінницька залежно від строків сівби, норм висіву насіння в умовах

Лісостепу правобережного. *Сільське господарство та лісівництво*. 2020. № 3 (18). С. 29-41.

28. Рибальченко А. М. Пластичність та стабільність господарських ознак колекційних зразків сої. *Зрошуване землеробство. Селекція, насінництво*. 2021. Вип. 76. С. 69-74.

29. Тонкоші вирощування сої в умовах Лісостепу Західного. URL:<https://www.agronom.com.ua/tonkoshhi-vyroshhuvannya-soyi-v-umovah-zahidnogo-lisostepu/> (дата звернення 22.09.2024)

30. Терновий Ю.В., Городиська І.М., Чуб А.О., Плаксюк Л.Б. Сортовий склад сої для органічного виробництва. *Агроекологічний журнал*. 2018. № 3. С. 45-51

31. Ткачук О.П., Дідур І.М., Панцирева Г.В. Екологічна оцінка середньостиглих і середньопізнюстиглих сортів сої. *Сільське господарство та лісівництво*. 2022. № 1 (24). С. 5-15

32. Циганський В.І. Оптимізація системи удобрення сої на основі використання препаратів біологічного походження в умовах лісостепу правобережного. *Сільське господарство та лісівництво*. 2021. № 2 (21). С. 69-81.

33. Циганська О.І. Вплив мінеральних добрив, передпосівної обробки насіння та позакореневого підживлення мікроелементами на якісні показники зерна сортів сої. *Сільське господарство та лісівництво*. 2018. № 2 (9). С. 82-90.

34. Цехмейструк М. Г., Шеляків В. О., Литвиненко О. С. Вплив строків сівби на урожайність сортів сої. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2018. № 1. С. 35-41.

35. Чуб А. О., Терновий Ю. В., Городиська І. М., Ліщук А. М. Ефективність біопрепаратів за виробництва органічного насіння сої. *Агроекологічний журнал*. 2019. 2. С. 42-49.

36. Шевчук О. А., Вергеліс В.І. Насіннєва продуктивність сої за використання рістрегулюючих препаратів. The 9th International scientific and practical conference

“Topical issues of the development of modern science”, (May 6-8, 2020). Publishing House “ACCENT”, Sofia, Bulgaria, 2020. P. 928-937.

37. Шевчук О.А., Ходаніцька О.О., Ткачук О.О., Шевчук В.В., Федорук І.В. Вплив антигіберелінових препаратів на анатомо-морфологічні показники рослин сої. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2020. № 2. С. 26-31.

38. Шовкова О.В. Особливості вирощування сої за умов зміни клімату. Кліматичні зміни та сільське господарство. Виклики для аграрної науки та освіти : зб. тез II Міжнар. наук.-практ. конф. (м. Київ, 10-12 квіт. 2019 р.). Київ- Миколаїв-Херсон : ДУ НМЦ «Агроосвіта», 2019. С. 92–93.

39. Didur I.M., Tsyhanskyi V.I., Tsyhanska O.I., Malynka L.V., Butenko A.O., Klochkova T.I. (2019). The effect of fertilizer system on soybean productivity in the conditions of right bank Forest-Steppe. *Ukrainian Journal of Ecology*. № 9(1). 2019. P. 76-80.

40. Rudska N. Species composition of soy agrocecnose pests and control of their number in the right bank forest steppe. *Сільське господарство та лісівництво*. 2022. № 1 (24). С. 128-142.

41. Mazur V.A., Myalkovsky R.O., Mazur K.V., Pansyryeva H.V., Alekseev O.O. Influence of the Photosynthetic Productivity and Seed Productivity of White Lupine Plants. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2019. 9(4). 665-670.

42. Bulgakov V., Kaletnik H., Goncharuk T., Rucins and I. Dukulis. Theoretical investigation of the movement stability of agricultural machines and machine aggregates. *Estonian University of Life Sciences*. 2018. 26 p.

ДОДАТКИ

Урожайність зерна сої залежно від удобрення, інокуляції насіння, т/га

Удобрення	Інокуляція	Рік		Середнє
		2020	2021	
Без добрив	б/і*	1,88	1,90	1,89
	і	2,1	2,22	2,16
N15P60K60	б/і	2,15	2,21	2,18
	і	2,4	2,52	2,46
N30P60K60	б/і	2,25	2,41	2,33
	і	2,54	2,86	2,70
N45P60K60	б/і	2,4	2,54	2,47
	і	2,57	2,89	2,73
N30P60K60 + N15	б/і	2,47	2,61	2,54
	і	2,76	3,06	2,91
Середнє		2,4	2,5	2,44
Без добрив	б/і	2,17	2,21	2,19
	і	2,38	2,48	2,43
N15P60K60	б/і	2,52	2,54	2,53
	і	2,64	2,78	2,71
N30P60K60	б/і	2,65	2,67	2,66
	і	2,76	2,92	2,84
N45P60K60	б/і	2,71	2,75	2,73
	і	2,78	2,98	2,88
N30P60K60 + N15	б/і	2,81	3,01	2,91
	і	3,02	3,32	3,17
		2,6	2,8	2,71
НІР0,05 загальна		0,42	0,48	0,54
НІР0,05 сорт		0,12	0,13	0,14
НІР0,05 удобрення		0,24	0,26	0,28
НІР0,05 інокуляція		0,12	0,13	0,14