

ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ АГРОТЕХНОЛОГІЙ,
СЕЛЕКЦІЇ ТА ЕКОЛОГІЇ

Кафедра рослинництва

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

**«ВПЛИВ РІЗНОЇ ЗАБЕЗПЕЧЕНОСТІ ЕЛЕМЕНТАМИ
МІНЕРАЛЬНОГО ЖИВЛЕННЯ НА ФОРМУВАННЯ
ПРОДУКТИВНОСТІ СОЇ (*Glycine max* Moench)»**

Виконав: здобувач вищої освіти
за ОПП Еколого-економічне рослинництво
спеціальності 201 Агрономія
Ступеня вищої освіти магістр
Заочної форми навчання
Бостанджи М.

Керівник: Людмила ЄРЕМКО канд. с.-г. наук, ст.н.с.

Рецензент: Олег Міщенко, канд. с.-г. наук, доцент

Полтава – 2024 року

ЗМІСТ

	ст.
ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ	5
РОЗДІЛ 1. РОЛЬ ЕЛЕМЕНТІВ МІНЕРАЛЬНОГО ЖИВЛЕННЯ У ФОРМУВАННІ ПРОДУКТИВНОСТІ СОЇ	
1.1. Використання сої у народному господарстві.....	10
1.2. Роль елементів мінерального живлення у процесі формування продуктивності сої.....	13
1.3. Сидерація як екологічно безпечний прийом забезпечення рослин поживними речовинами.....	18
РОЗДІЛ 2. УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ	
2.1. Характеристика умов місця проведення досліджень.....	21
2.2. Погодні умови місця проведення досліджень	22
2.3. Методика проведення досліджень	24
РОЗДІЛ 3. ВПЛИВ ЗАБЕЗПЕЧЕНОСТІ РОСЛИН ЕЛЕМЕНТАМИ МІНЕРАЛЬНОГО ЖИВЛЕННЯ НА ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ СОЇ	
3.1. Вплив різної забезпеченості елементами мінерального живлення на висоту рослин сої	25
3.2. Вплив різної забезпеченості елементами мінерального живлення на динаміку розвитку листової поверхні посівів сої.....	29
3.3. Вплив різної забезпеченості елементами мінерального живлення на тривалість і продуктивність фотосинтетичної діяльності листової поверхні посівів сої.....	32
3.4. Вплив різної забезпеченості елементами мінерального живлення на індивідуальну продуктивність рослин і урожайність посівів сої.....	39
РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ РІЗНОЇ ЗАБЕЗПЕЧЕНОСТІ РОСЛИН ЕЛЕМЕНТАМИ МІНЕРАЛЬНОГО ЖИВЛЕННЯ У АГРОТЕХНОЛОГІЧНОМУ ПРОЦЕСІ ВИРОЩУВАННЯ СОЇ	44
РОЗДІЛ 5. ЕКОЛОГІЧНА ЕКСПЕРТИЗА	47
РОЗДІЛ 6. ОХОРОНА ПРАЦІ	51
ВИСНОВКИ	54
РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ	55
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	56
ДОДАТКИ	68

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Зростання чисельності населення та подальше споживання товарної продукції ним призведе до збільшення глобального попиту на продовольство, що стане серйозним викликом для продовольчої безпеки в умовах зміни клімату та сценаріїв землекористування. Зокрема, абіотичні та біотичні стреси, спричинені глобальною зміною клімату, поступово впливають на системи вирощування сільськогосподарських культур, що створить серйозні загрози для світового виробництва продовольства [1].

Більшість розвинених країн були змушені впроваджувати сучасні сільськогосподарські технології для забезпечення продовольчої безпеки для зростаючого населення, а також для підтримки агробізнесу та отримання доходів. Наразі науковці пропонують дослідити диверсифікацію сільськогосподарських культур як альтернативну стратегію для країн, що розвиваються. Екологічні наслідки технологічно орієнтованих сільськогосподарських систем, які були прийняті та оцінені протягом багатьох десятиліть без урахування впливу на навколишнє середовище та екосистему, зараз стають предметом уваги та ретельного вивчення з огляду на яскравий та негативний вплив сучасного сільського господарства на навколишнє середовище, а також на те, як воно значною мірою сприяло зміні клімату.

Сучасні сільськогосподарські практики не є сталими через нераціональне використання цінних ресурсів та погіршення стану довкілля. Отже, філософія фундаментальних досліджень у галузі рослинництва та напрямок селекції рослин на основі попиту повинні бути змінені, щоб дозволити рослинам добре рости в умовах нормального і обмеженого забезпечення ресурсами у сталий спосіб. У цих роздумах пропонується вирощувати сою через її вищі адаптаційні можливості та пом'якшення наслідків мінливого клімату та ефекту множинності.

Соя є однією з найбільш розповсюджених бобових культур і важливим джерелом високоякісного білка, рослинної олії та мікроелементів для

харчування людей і кормів для тварин у всьому світі [2]. Білок сої багатий на цінну амінокислоту лізин (5%), яка є дефіцитною у більшості зернових культур [3]. Соя, як і інші бобові культури, фіксує атмосферний азот, завдяки асоціації з видами грамнегативних бактерій родів *Bradyrhizobium* та *Sinorhizobium* [4]. Оскільки не існує єдиного органічного або неорганічного джерела для задоволення потреб рослин у всіх поживних речовинах, інтегроване використання всіх джерел поживних речовин, а саме: органічних (компосту, поживних решток, гною, зеленої мана рослин), неорганічних

х

і

м

і

ч

н

и **Актуальність теми.** Оскільки не існує єдиного органічного або неорганічного джерела для задоволення потреб рослин у всіх поживних речовинах, інтегроване використання всіх джерел поживних речовин, а саме: органічних, неорганічних хімічних добрив та біодобрив, потребує ретельної уваги та розгляду. Відомо, що хімічні добрива можуть впливати на мікрофлору ґрунту, змінюючи хімічний склад і фізичні властивості ґрунту. Природньо, що потреба в азоті для бобових культур, таких як соя, частково задовольняється завдяки симбіозу бактерій *Rhizobium*, які поглинають азот з повітря. Однак фермери схильні вносити надмірну кількість хімічних добрив під час вирощування сої, припускаючи, що це може підвищити врожайність. З іншого боку, соя може засвоїти лише від 35 до 70% всього внесеного азоту. Це означає, що хімічні добрива залишатимуться у залишку і забруднюватимуть ґрунт, погіршуючи його якість. Тому для підвищення продуктивності сої слід використовувати органічні зелені добрива, оскільки вони можуть бути кращим вибором для пом'якшення негативного впливу хімічних добрив шляхом уповільнення деградації ґрунту. Згідно з деякими дослідженнями, органічні

д

о

б

добрива мають значний вплив на доступність поживних речовин у ґрунті, формування агрегатів ґрунту та ґрунтові бактеріальні спільноти. Вчені виявили, що велика кількість хімічних добрив зменшує утворення корневих бульбочок і фіксацію азоту з повітря. Крім того, їх надмірне застосування призводить до втрати родючості ґрунту, його бактеріального різноманіття та структури. Сидеральні добрива відіграють важливу роль, задовольняючи потреби рослин у поживних речовинах, а також покращуючи фізичні, хімічні та біологічні властивості ґрунту. Вони мають різноманітний позитивний вплив на управління процесом вирощування сільськогосподарських культур, оскільки їх можна використовувати як джерело різних макро- та мікроелементів для рослин.

Мета і задачі досліджень. Мета досліджень - визначення впливу біопрепарату на основі азотфіксуючих бактерій, мікродобрива Мо, сидеральних добрив та їх поєднання із мінеральним удобренням на процеси росту і розвитку рослин та величину урожайності насіння сої.

У ході проведення досліджень для досягнення поставленої мети були поставлені наступні завдання:

1. вивчити особливості росту і розвитку рослин сої залежно від застосування біопрепарату на основі азотфіксуючих бактерій, мікродобрива Мо, сидеральних добрив та їх поєднання із мінеральним удобренням;
2. визначити інтенсивність наростання надземної маси та листкової поверхні залежно рослин сої від застосування біопрепарату на основі азотфіксуючих бактерій, мікродобрива Мо, сидеральних добрив та їх поєднання із мінеральним удобренням;
3. визначити вплив біопрепарату на основі азотфіксуючих бактерій, мікродобрива Мо, сидеральних добрив та їх поєднання із мінеральним удобренням на продуктивність фотосинтетичної роботи посівів сої;
4. визначити вплив біопрепарату на основі азотфіксуючих бактерій, мікродобрива Мо, сидеральних добрив та їх поєднання із мінеральним

удобренням на величину індивідуальної продуктивності рослин та урожайність насіння посівів сої.

5. визначити рівень економічної доцільності впровадження досліджуваних агроприйомів у процесі виробництва насіння сої.

Об'єкт дослідження – ріст і розвиток рослин, динаміка формування листкової поверхні, наростання свіжої і сухої маси рослин, величина елементів продуктивності рослин та урожайність насіння сої залежно від застосування біопрепарату на основі азотфіксуючих бактерій, мікродобрива Мо, сидеральних добрив та їх поєднання із мінеральним удобренням.

Предмет дослідження – соя, урожай насіння, біологічний препарат, сидеральні добрива, мінеральні добрива, молібден.

Методи досліджень: польовий – для спостереження за протіканням процесів розвитку рослин, наростанням їх надземної частини, визначення величини елементів продуктивності рослин та величини врожаю насіння; статистичний – для проведення статистичного аналізу впливу досліджуваних факторів на величину урожайності насіння сої; розрахунково-порівняльний – для визначення рівня економічної доцільності застосування агротехнічних прийомів вирощування, що вивчаються.

Наукова новизна одержаних результатів проведеного дослідження полягає у науковому обґрунтуванні комплексного застосування біопрепарату на основі азотфіксуючих бактерій і мікроелементу Мо у допосівній обробці насіння та його поєднання із мінеральним і сидеральним удобренням як способу зменшення дози внесення мінеральних добрив, покращання умов формування кореневої системи, бобово-ризобіального симбіозу і підвищення рівня урожайності насіння сої.

Удосконалено поживний режим рослин сої за рахунок застосування біопрепарату на основі азотфіксуючих бактерій, мікродобрива Мо, сидеральних добрив та їх поєднання із мінеральним удобренням.

Практичне значення одержаних результатів. Для покращання умов росту і розвитку рослин, наростання листкової поверхні посівів, і відповідного

підвищення урожайності насіння найбільш доцільним та економічно виправданим є поєднання застосування допосівної обробки насіння комплексом азотфіксуючі бактерії + Мо із внесенням сидеральних добрив.

Особистий внесок здобувача. Магістерська дипломна робота підготовлена на основі результатів, отриманих автором у ході проведення дослідження. Ним було зібрано літературні джерела за тематикою та проведений їх детальний аналіз. Автором проведені польові дослідження, отримано, опрацьовано та проаналізовано отримані результати, на основі чого сформовано детальні висновки та надано рекомендації для впровадження у виробничий процес.

Апробація результатів роботи. Результати досліджень та основні положення магістерської дипломної роботи оприлюднені і обговорені на III Міжнародній науково-практичній інтернет-конференції «Актуальні напрями та проблематика у технологіях вирощування продукції рослинництва», Полтава, 28 листопада 2024 року.

Публікації. За результатами досліджень опубліковано 1 тези в збірнику матеріалів науково-практичної конференції: Єремко Л.С., Скочко В.В., Бостанджи М., Селіванов С.В., Окара Д.О. Особливості формування продуктивності сої залежно від поживного режиму рослин. Матеріали III Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «Актуальні напрями та проблематика у технологіях вирощування продукції рослинництва», Полтава, 28 листопада 2024 року. Полтава, 2024.

Структура та обсяг магістерської дипломної роботи. Загальний обсяг дипломної роботи становить 70 сторінок загального друкованого тексту, містить 7 таблиць, 5 рисунків. Магістерська дипломна робота складається із вступу, 6 розділів, висновків, рекомендацій виробництву та додатків. Список використаної літератури налічує 114 найменувань.

РОЗДІЛ І

РОЛЬ ЕЛЕМЕНТІВ МІНЕРАЛЬНОГО ЖИВЛЕННЯ У ФОРМУВАННІ ПРОДУКТИВНОСТІ СОЇ

1.1. Використання сої у народному господарстві.

Соя є однією з найцінніших сільськогосподарських культур у світі завдяки своєму різноманітному використанню як найдешевшого джерела білка, корисних ненасичених жирів і вуглеводів для харчування людей, корму для худоби та аквакультури, а також біопалива. В усьому світі її вирощують переважно для отримання високоякісних, недорогих білків та олії. Це високопоживний продукт харчування як джерело рослинного білка і низького рівня холестерину за доступною ціною і вважається хорошим заміником тваринного білка завдяки вмісту незамінних амінокислот, необхідних для харчування людини.

До складу насіння сої входить 36% білка, 19% олії, 35% вуглеводів, 5% мінеральних елементів і вітаміни [8]. Соева олія містить 16% насичених жирних кислот, 23% мононенасичених жирних кислот і 58% поліненасичених жирних кислот [9]. Окрім харчової олії, соя використовується для виробництва багатьох продуктів харчування, таких як соєві паростки, підсмажене соєве борошно, соєве молоко, тофу, темпе, м'ясо, натто, соєва паста та соєвий соус (засвоюваності білка), цінність соєвого білка еквівалентна ячному білку [12]. З сої та соєвих продуктів харчування виділено кілька біологічно активних сполук, таких як ізофлавоїди, пептиди, флавоїди, фітинова кислота, соєві ліпіди, соєві фітоалексини, соясапоніни, лектини, гемаглютинін, соєві токсини та вітаміни [13].

Раніше в багатьох дослідженнях повідомлялося, що споживання сої в різних формах також забезпечує доступність біологічно активних сполук, які значно знижують ризики розвитку деяких видів раку, включаючи рак молочної

залози, простати, легенів, товстої кишки, печінки і сечового міхура [14], гіперхолестеринемії та серцево-судинних захворювань, остеопорозу, гіпертонії [15] та артеріального тиску [16].

Наразі споживання білка з соєвих джерел у світі є низьким, хоча суспільний та комерційний інтерес до цієї культури зростає, оскільки вона може стати основним джерелом харчового білка в майбутньому. Недоїдання є основною глобальною проблемою охорони здоров'я, особливо для країн, що розвиваються, а відсутність продовольчої безпеки є основним фактором недоїдання [17]. Проте, продукти харчування на основі сої є дешевшими та легкодоступними, що може вирішити ці проблеми.

Соя є не лише хорошим джерелом високоякісної харчової олії та білків для людини, але й високоякісним кормовим білком у кормах для тварин у всьому світі. Корми є ключовим елементом на шляху до підвищення продуктивності тваринництва. Якісні корми є фундаментальним фактором підвищення продуктивності худоби. Соя також широко використовується як високоякісний і багатий на білок корм для тварин [18] завдяки своїм характеристикам, таким як відносно високий вміст білка, відповідний амінокислотний профіль, за винятком метіоніну, і мінімальна варіація вмісту поживних речовин.

Побічні продукти переробки сої (сировина та соєвий шрот) використовуються як джерело білкового корму для домашніх тварин, включаючи свиней, курей, велику рогату худобу, коней, овець та рибу, а також для виробництва багатьох готових страв [19].

Соєвий шрот становить близько 30% кормів для птиці. Він становить дві третини від загального світового виробництва білкових кормів [20]. Його кормова цінність не має аналогів серед інших джерел рослинного білка [21]. Зазвичай соєвий шрот містить 47-49% сирого протеїну і 3% сирого клітковини за вмістом сухої речовини і перевищує їх як за загальним вмістом, так і за вмістом засвоюваних амінокислот [23]. Перетравність протеїну соєвого шроту

птицею становить приблизно 85% [21].

Серед рослинних джерел протеїну соєвий шрот використовується для задоволення кормової потреби тварин при обмеженні амінокислот у раціонах на основі зернових, оскільки є найбільш економічно вигідним джерелом амінокислот [24]. Тому виробництво сої, яка широко використовується в якості корму для тварин, має бути збільшено понад поточний рівень виробництва, щоб задовольнити попит на тваринний білок для зростаючого населення у світі.

Соя також покращує родючість ґрунту, за рахунок біологічної фіксації азоту атмосфери що є ще однією перевагою її вирощування [25]. Рослини сої можуть вільно засвоювати NH_3 з утворенням азотистих біомолекул. Ці прокаріоти включають водні організми (ціанобактерії), вільноживучі ґрунтові бактерії (*Azotobacter*), бактерії (*Azospirillum*), які вступають в асоціативні відносини з рослинами, і бактерії (*Rhizobium* і *Bradyrhizobium*), які формують дуже важливі симбіотичні відносини з бобовими та іншими рослинами [26].

Продуктивність сої значною мірою залежить від біологічної фіксації молекулярного азоту, найважливішого джерела постачання азоту в ґрунті. Раніше повідомлялося [27], що врожайність насіння сої тісно пов'язана з процесом азотфіксації та поглинанням азоту насінням. Було підраховано, що внесок N-фіксації в потребу рослин в азоті становить від 40 до 70% залежно від умов росту рослин [28]. Кількість фіксованого із атмосфери азоту соєю може становити 0-98% від загального поглинання його рослинами, що еквівалентно 0-337 кг N га/га [29], а загальне поглинання азоту значною мірою залежить від активності ризобій. Вирощування сої вважається одним з найбільш економічно ефективних способів підтримання родючості ґрунтів, особливо для малих фермерських господарств. І разом з тим, вирощування даної культури сприяє підвищенню рівня життя та продовольчої безпеки [30].

1.2. Роль елементів мінерального живлення у процесі формування продуктивності сої.

Серед прийомів управління урожайністю, розумне управління поживним режимом рослин може значно підвищити урожайність культури. Поживні речовини - це основні елементи, необхідні для росту і розмноження рослин, які можуть надходити природним шляхом з ґрунту і повітря, а також штучно, шляхом внесення органічних речовин і комерційних добрив [31]. Поживні речовини є ключовим фактором виробництва, що може мати як позитивний, так і негативний вплив на виробництво продукції сільськогосподарських культур, залежно від кількості, дози, стадії розвитку культури, комбінації та балансу поживних елементів. Для належного росту і розвитку сої необхідно п'ятнадцять елементів живлення. Виходячи з кількості, необхідної для культури, ці поживні речовини можна класифікувати як макроелементи, які необхідні у кількості $>0,01\%$; це азот, фосфор, калій, сірка, кальцій та магній. Ці макроелементи відіграють структурну та функціональну роль у рослинах сої. Крім того, соя також потребує інших мікроелементів у кількості $<0,01\%$. Ці мікроелементи – мідь, залізо, марганець, цинк, бор, хлор, молібден і нікель. Ці мікроелементи виконують ензиматичні функції та функції клітинної регуляції [32].

За даними вчених, величина втрат врожаю сої залежить від поживних речовин. Так, дефіцит азоту, фосфору, заліза, бору та сірки може спричинити втрати врожаю до 10%, 29-45%, 22-90%, 100% та 16-30%, відповідно [33]. Встановлено, що поживні речовини для рослин також мінімізують зниження врожайності через підвищення стійкості до хвороб шляхом максимального підвищення вродженої стійкості рослин, підвищенню імунної відповіді через збільшення доступності поживних речовин та зміни зовнішнього середовища для впливу на виживання, проростання та проникнення патогенів [34].

Нещодавні дослідження показують, що ефективне управління поживними речовинами є необхідним для сучасних сортів сої, як для прямого, так і для опосередкованого підвищення врожайності. За даними дослідників

], кількість поживних речовин, винесених сучасними сортами сої, є більшою порівняно з ранніми сортами сої. Аналогічно, поживні речовини з різних джерел можуть допомогти досягти сталості у виробництві, і їх слід застосовувати на правильній стадії росту з дотриманням відповідних процедур внесення.

Азот є одним з основних елементів живлення для сої. Він є структурним компонентом молекул хлорофілу та ферментів, які допомагають регулювати фізіологічні процеси в рослинах сої. Він необхідний для утворення амінокислот, будівельних блоків білкових макромолекул, метаболізму вуглеводів у рослинах. Його наявність стимулює ріст коренів та поглинання інших поживних речовин ними.

Для отримання 1000 кг насіння сої потрібно 80 кг азоту [36]. Для досягнення більш високого врожаю сої потрібна більша кількість азоту, і рослини продовжують засвоювати азот як під час вегетативної, так і репродуктивної фаз [37]. Рослини сої можуть отримувати азот з трьох джерел: біологічної фіксації азоту, поглинання азоту з мінералізованої фракції ґрунту та азотних добрив, що вносяться на поле. Більшість потреби в азоті в посівах сої задовольняється за рахунок біологічної фіксації азоту, яка відбувається в корневих бульбочках у симбіозі зі специфічними мікроорганізмами.

Для ефективної азотфіксації насіння сої інокують *Bradyrhizobium*

Утворення корневих бульбочок і біологічна фіксація азоту залежать від фізичних, хімічних і біологічних характеристик ґрунту, а також кліматичних умов, таких як температура і кількість опадів. За даними Dabesa і Tana [39], застосування *Bradyrhizobium*, вапна і фосфору показало значні відмінності в утворенні бульбочок, фізіологічному рості і врожайності сої в кислому ґрунті.

Зазвичай, високий врожай отримують на полях, де вносять органічний гній, добрива та інокульоване насіння.

Соя також може поглинати і засвоювати азот у вигляді нітратів і аміаку з ґрунту та внесених добрив. Такі добрива, як сечовина (46% N), сульфат амонію (21% N) і аміачна селітра (34% N), використовуються як стартові дози в 20-40 кг N/га для забезпечення початкового росту рослин. Стартова доза допомагає подолати азотний голод на стадії сходів. Внесення низьких концентрацій азоту підтримує ріст сої, не пригнічуючи при цьому бульбочкоутворення та азотфіксацію [40]. Однак, існують думки, що позакореневе внесення азотних добрив до 40 кг N га/га може дещо підвищити врожайність сої без значного погіршення біологічної фіксації азоту [41].

Ефективне управління азотними добривами є важливим для досягнення високої врожайності та вмісту білка в насінні. Висока концентрація азотних добрив пригнічує нодуляцію та фіксацію азоту в рослинах сої, що призводить до низької врожайності зерна [42].

Більше того, надмірне внесення азотних добрив може спричинити надмірний ріст пагонів, вилягання, погане формування бобів, а також підвищену ураженість хворобами та шкідниками [43].

У польовому експерименті, проведеному одними дослідниками [44], для досягнення вищої врожайності сої рекомендовано вносити азотні добрива в дозі 25-30 кг га/га в посушливих регіонах і з них – 15-20 кг N га/га перед сівбою. Чотирирічний експеримент із застосуванням різних систем удобрення показав, що при додатковому внесенні 50-100 кг N га/га врожайність в середньому зростала на 2,4 %-5,2 %. За даними інших вчених [45], спосіб внесення азоту, норма азоту та час внесення азоту позитивно впливають на врожайність сої. Іншим способом оптимізації внесення азотних добрив є регулювання рівня рН ґрунту. Зниження рН ґрунту менше 6, це негативно впливає на бульбочкоутворення на коренях сої. Для зниження кислотності ґрунту зазвичай застосовують вапнування. Як свідчать вчені, його застосування збільшує кількість корневих бульбочок та їх суху масу, покращує біологічну фіксацію азоту, а також підвищує доступність ґрунтового і внесеного фосфору [46].

Фосфор є ще одним основним елементом живлення, необхідним для росту і розвитку сої. Він допомагає зберігати і транспортувати енергію, вироблену в процесі фотосинтезу, для росту, розвитку і розмноження. Він є основним компонентом енергетичних пакетів, які називаються АТФ, і підвищує ефективність інших поживних речовин, що застосовуються. Внесення фосфорних добрив визначає рівень урожайності насіння сої, вміст білка і олії у ньому, впливає на продуктивність азотфіксації, проліферацію коренів, розвиток асиміляційного апарату рослин та їх та стресостійкість [47-

Фосфор є відносно нерухомим у ґрунті, тому рослина може проявляти симптоми дефіциту, якщо вона розміщена надто далеко від зони живлення. Даний елемент реагує з іншими поживними речовинами, такими як алюміній, кальцій і залізо, утворюючи ортофосфат. Така реакційна поведінка фосфору робить його надзвичайно важливим для розвитку рослин сої. Вчені визначили, що для продукування 1 т насіння рослини сої потребують 25 кг фосфору [50]. Потреба у ньому зростає під час проліферації коренів, формування бобів та дозрівання насіння. Вченими було виявлено, що внесення фосфору навряд чи збільшить врожайність насіння, якщо концентрація доступного фосфору в ґрунті перевищує 12 ppm. При подальшому збільшенні вмісту фосфору відсоткова зміна максимального врожаю залишалася постійною [51].

Калій використовується рослинами для підтримання тургору клітин, утворення та переміщення крохмалю, води, поживних речовин, синтезу білка. Його наявність допомагає рослинами впоратися зі стресом, хворобами, шкідниками та збалансовано засвоювати інші поживні речовини [52]. Він є мобільним поживним елементом і відіграє важливу роль в активації ферментів під час формування симбіотичного апарату.

Калій відіграє вирішальну роль у процесі формування врожаю насіння та накопиченню білка в насінні, але має менший вплив на вміст олії в насінні. Для оптимального виробництва насіння сої рекомендована доза внесення даного елемента становить 60-100 кг/га . Потреба рослин у даному елементі є

меншою на початкових етапах розвитку, а її пік припадає на період вегетативного росту. Під час формування бобів та насіння, калій з вегетативної частини переміщується до насіння. За даними Noeft та ін. [53], зріле насіння сої містить 60% від загального вмісту калію в рослині.

Калій також відіграє важливу роль у формуванні насіння на ґрунтах з високим вмістом кадмію. В умовах надмірної кількості кадмію відбувається посилене поглинання рослинами калію. При цьому урожайність насіння не збільшується. В експерименті з гідропонікою, було виявлено, що додавання калію покращує ріст, фотосинтетичну активність та поглинання поживних речовин у рослин сої, оброблених кадмієм. Таким чином, було виявлено, що внесення калію полегшує стрес від наявності кадмію у посівах сої [54].

Молібден є дуже важливим і незамінним мікроелементом для рослин, тварин і бактерій [55-57]. Дефіцит молібдену та бору у ґрунті є великою сільськогосподарською проблемою, яка призводить до погіршення якості та зниження врожайності різних сільськогосподарських культур у всьому світі

Рослини з дефіцитом молібдену демонструють слабкий ріст [55] і менший вміст хлорофілу та аскорбінової кислоти [60]. Очевидно, що сам молібден не є настільки біологічно активним, але здебільшого входить до складу важливої біологічної речовини, так званого молібденового кофактору. У більшості біологічних систем, включаючи рослини, прокаріоти і тварини, молібденовий кофактор зв'язується з молібдоензимом [61].

Нестача молібдену нагадує нестачу азоту, оскільки в метаболізмі рослин найбільш значущою є роль молібдену у відновленні нітратів. У рослин, які відчувають нестачу даного елемента, листя починає бліднути, обмежуватися в рості, розвиток і формування квітів також може бути порушено, і в кінцевому підсумку вони в'януть. Існує пряма залежність між біодоступністю молібдену для рослин та його вмістом у ґрунті. Доступність молібдену є низькою у ґрунтах із зниженим рН [62], і рослина, яка стикається з меншою доступністю даного елемента демонструє недорозвиненість і ураження листя [63].

Молібден відіграє вирішальну роль у біологічній фіксації азоту. Специфічно для рослин він є мікроелементом, який впливає на процес нодуляції, та процеси пов'язані із синтезом білка [64].

Його значення для фіксації азоту є дуже важливим, враховуючи, що молібден у кофакторі «FeMoCo» лежить в основі процесу відновлення азоту - принаймні, для більшості нітрогеназ. Два атоми молібдену містить білок Mo-Fe, який має два різних типи окисно-відновних центрів: чотири Fe-S центри і два залізо-молібденових кофактори, які називаються FeMoco. Активний центр Mo-вмісного нітрогеназного білка утворює FeMoco нітрогенази в організмах, що фіксують молекулярний азот повітря [65].

1.3. Сидерація як екологічно безпечний прийом забезпечення рослин поживними речовинами.

Зменшення кількості органічних речовин у ґрунті за умов інтенсифікації агротехнічного процесу вирощування є основною причиною низької врожайності сільськогосподарських культур та виснаження родючості ґрунту, що може розглядатися як серйозна загроза для наближення до сталого розвитку сільського господарства. Зменшення кількості органічних поживних речовин у ґрунті призводить до послаблення зв'язку ґрунту з водою, зменшення здатності ґрунту до асиміляції органічних речовин, зниження катіонного обміну. Все це, в кінцевому рахунку, впливає на абсорбцію поживних речовин [66].

Єдиним рішенням є застосування органічних добрив, а для поповнення органічних речовин у дефіцитних ґрунтах слід враховувати перевагу сидерації. Однією з особливостей, яка є прийнятною для прийнятних стійких систем, є врахування потреб в органічних, а не хімічних джерелах добрив. Азот є однією з поживних речовин, дуже важливих для росту сільськогосподарських культур, але також однією з тих, якими важко управляти. Більше того, органічний вуглець, присутній у ґрунті, посилює динаміку мікробіологічної дії та покращує родючість ґрунту. Цілі сидерації можуть бути ідеальними, і вона може мати різнобічний вплив. Сидерація виступає як агротехнічний прийом,

що забезпечує асиміляцію бобових і не бобових зелених рослин у ґрунті, з метою покращення його параметрів. Вони надходять до ґрунту, як джерело для покращення його родючості.

Сидерація є досить ефективним прийомом забезпечення рослин поживними речовинами, але за останні кілька десятиліть через додаткове навантаження на виробництво продуктів харчування, присутність видозмінених агресивних і економічних культур та наявність легкодоступних хімічних добрив, обсяги застосування сидеральних добрив зменшилися. Однак, з огляду на виснаження родючості ґрунтів та занепокоєння громадськості з приводу зловживань широкого застосування хімічних добрив та збереження енергії, сидерати знову набувають популярності у використанні

Вчені зазначають, що застосування сидератів покращує властивості ґрунтів [68]. Pandey та ін., 2008 [69] стверджують, що сидерація допомагає покращити фізичні та біохімічні властивості ґрунту, запобігти втратам поживних речовин внаслідок вимивання, підвищити водоутримуючу здатність ґрунту. Використання сидератів сприяє підвищенню запасів органічної речовини, що покращило фізичні та хімічні властивості ґрунту порівняно з контрольованими полями.

Крім того, використання сидератів у сівозміні може підвищити здатність ґрунту до рециркуляції поживних речовин. Покращення властивостей ґрунту на придатних для вирощування площах може відобразитися у підвищенні врожаю сільськогосподарських культур та покращанні їх якісних характеристики [70]. Деякі дослідження показали сприятливий вплив зеленого добрива на обмін поживних речовин з культурами [71] та покращення властивостей ґрунту [72, 73].

Біомаса ґрунтових мікроорганізмів є важливою біологічною характеристикою ґрунту [74, 75]. Так, було визначено, що ґрунтові мікроорганізми мають ферменти, які відіграють важливу роль у ґрунтових процесах, таких як атомізація органічних поживних речовин [76, 77].

Біомаса ґрунтових мікроорганізмів є важливим індикатором стану ґрунту і швидко реагує на зміни, що відбуваються під час застосування тих чи інших агротехнічних прийомів. Деякі дослідження показують, що мікробна біомаса ґрунту значно зростає при використанні бобових культур у якості сидеральних добрив [78, 79]. Було визнано, що застосування сидератів у ґрунті сприяє стимуляції активності ґрунтових мікробів, з послідовною мінералізацією поживних речовин для рослин [80, 81], що, відповідно, покращує якість ґрунту.

Разом з тим, зелені добрива забезпечують накопичення поживних речовин, багатих на органічний вуглець для мікробної біомаси, яка перетворює недоступні поживні речовини у доступні для рослин, і це розширює склад ґрунтових мікроорганізмів. Бобові сидерати можуть фіксувати достатню кількість атмосферного азоту і містити достатню кількість органічних поживних речовин у ґрунті [82].

Сидерація, як додавання органічних речовин застосовувалися для поліпшення родючості ґрунту і збільшення кількості мікроорганізмів ще з прадавніх часів [83]. Доступ до доброякісної мікробної дії – це супутній доступ до органічних речовин [84].

Разом з тим, вчені довели, що органічна біомаса рослин може виступати в якості поживного субстрату для корисних мікроорганізмів, які сприяють пригніченню хвороб, покращанню властивостей ґрунту та підвищенню рівня врожаю. Використання сидератів у сівозміні допомагає покращити або зробити органічні речовини в ґрунті більш доступними для рослин [85].

Внесення сидератів виконує позитивну функцію для мікрофлори, сприяючи її розвитку, а також забезпечує вуглецем для приєднання до ґрунтової біоти нових організмів, які стають сапрофітами на підстилці, що розкладається. Відбувається чергування біохімічних змін, які в кінцевому підсумку призводять до вивільнення різноманітних сполук під час процесу розкладання. Поживні речовини, що з'являються в результаті даного процесу, потрапляють у ґрунт, що сприяє збільшенню запасу поживних речовин у

активній формі [86].

Мікроорганізми залишаються в ґрунті до тих пір, поки існує вуглецевий попередник для отримання енергії. Мікроорганізми, що населяють ґрунт, відіграють важливу роль у розкладанні органічних решток та рециркуляції поживних речовин ґрунту. Приєднання зеленої домішки або додавання органічних речовин сприяє збільшенню мікробної біомаси [87, 88].

Вважається, що сидерати відіграють важливу роль у забезпеченні стійкості системи, оскільки органічна речовина додається до ґрунту шляхом вирощування зелених культур та їх надходження до ґрунту. Попередні дослідження показали абсолютний вплив післядії сидератів на властивості ґрунту [89, 90]. Поживні речовини поглинаються зеленими культурами і зосереджуються в центральній частині рослини. Було відмічено, що сидерація із застосуванням бобових культур сприяє підвищенню родючості ґрунту також і за рахунок фіксації атмосферного азоту [91].

Додавання поживних решток до ґрунту може забезпечити доступ до поглинання фосфору рослинами послідуєчих культур сівозміни [92, 93], а також зменшити сорбцію фосфору ґрунтом [94, 95]. Сидерація може бути корисною для боротьби з бур'янами, шкідливими ґрунтовими бактеріями і нематодами [96].

РОЗДІЛ 2

УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Характеристика умов місця проведення досліджень.

Дослідження було проведено на території Державного підприємства “Дослідне господарство “Степне” Інституту свинарства і АПВ НААН”.

Ґрунт дослідної ділянки чорнозем типовий малогумусний глибокозакіпаючий [44]. За механічним складом ґрунт дослідної ділянки є важким суглинком із вмістом грубого пилу – 37-43 %, мулуватих часток – 25-38 %. Колоїдні частинки по профілю розподілені незначною мірою.

Значення показників питомої ваги орного шару ґрунту (0-30 см) становлять 2,63 г/см³, загальної пористості – 55,1-59,8 %, вологість стійкого в'янення – 8,9-9,4 %, польової вологоємності – 29,7-30,5 %.

За наявними значеннями агрохімічних показників ґрунт може вважатися придатним для цілей виробництва продукції наявних у господарстві сільськогосподарських культур. Так вміст гумусу в горизонті 0-20 см становить 4,9-5,2 %, у горизонті 35-45 см – 3,72-4,07 %, у горизонті 1,5 м – 0,6-0,7 %. В орному шарі ґрунту ємкість поглинання катіонів знаходиться на рівні 33,0-35,0 мг-екв. на 100 г. Реакція ґрунтового розчину є слабкокислою, із рН сольової витяжки на знаходиться на рівні 6,3. Гідролітична кислотність ґрунту становить 1,6-1,9 мг-екв. на 100 г ґрунту. Величини вмісту основних елементів у орному шарі ґрунту знаходяться на рівні: для азоту що гідролізується – 5,44-8,10 мг, (визначено за методикою Тюріна і Конової), рухомого фосфору – 10-15 мг (визначено за методикою Чирикова), калію – 16-20 мг на 100 г ґрунту (визначено за методикою Маслової).

2.2. Погодні умови місяця проведення досліджень.

Вегетаційний період сої у 2023 році характеризувався контрастними погодними умовами. Початкові етапи розвитку досліджуваної культури відбувалися за помірного прогрівання повітря та достатнього вологозабезпечення. Середня температура повітря у квітні становила 9,8 °С, у той час як середньобагаторічна величина даного показника була на рівні 9,3 °С. в цілому за місяць випало 30,9 мм дощу. Розвиток рослин у травні відбувався за дещо вищих за середньобагаторічні показники, але достатньо помірних значень температури повітря та досить нерівномірного розподілу опадів. Їх значна частина випала у другій декаді місяця, у той час як перша і третя декади були посушливими. Активний розвиток надземної частини сої припав на червень, що характеризувався підвищеними на 0,9 °С значеннями середньодобової температури повітря порівняно із багаторічними показниками. В цілому за місяць випало 33,8 мм дощу, що на 27,9 мм менше

за багаторічні значення. Достиження сої відбувалося за жарких посушливих умов липня та недостатньої вологозабезпеченості рослин, що відповідно негативно відобразилося на формуванні продуктивності рослин (табл.2.1)

Таблиця 2.1

**Значення температури повітря та кількості опадів за
вегетаційний період 2023 року**

Показники	Місяці					
	квітень	травень	червень	липень	серпень	
Фактична середньодобова температура повітря, °С за місяць	9,8	15,0	20,3	24,3	20,0	
Середньодобова температура, норма за місяць	9,3	15,7	19,4	21,2	20,1	
Абсолютний максимум t повітря, °С	фактично	25,8	30,6	33,8	35,3	33,8
	норма	22,4	28,0	31,0	33,2	32,7
Опади, мм фактично за місяць	30,9	27,3	34,6	25,2	22,9	
Опади, мм багаторічна норма за місяць	31,2	45,5	65,2	61,1	42,7	

Погодні умови 2024 року були вкрай несприятливими для росту і розвитку рослин та формування урожайності насіння. Загалом вегетаційний період характеризувався значним недобором забезпеченості рослин вологою (табл.2.2).

Таблиця 2.2

**Значення температури повітря та кількості опадів за
вегетаційний період 2024 року**

Показники	Місяці					
	квітень	травень	червень	липень	серпень	
Фактична середньодобова температура повітря, °С за місяць	9,1	16,3	23,2	25,2	22,7	
Середньодобова температура, норма за місяць	9,3	15,7	19,4	21,2	20,1	
Абсолютний максимум t повітря, °С	фактично	26,3	28,6	34,8	39,7	37,2
	норма	22,4	28,0	31,0	33,2	32,7
Абсолютний мінімум t повітря, °С	фактично	-4,2	3,4	8,1	13,0	12,0
	норма	-3,7	2,1	6,8	9,9	8,5
Опади, мм фактично за місяць	41,5	38,4	32,8	0,1	0,0	
Опади, мм багаторічна норма за місяць	31,2	45,5	65,2	61,1	42,7	

Натомість температура повітря у місяці вегетації різною мірою перевищувала середньобагаторічні значення. Значення абсолютного максимуму і мінімуму температури були також підвищеними. Наприкінці червня та у липні склалися вкрай несприятливі погодні умови. Поєднання повної відсутності опадів у третій декаді червня і у липні і високих значень середньодобової температури повітря призвело до порушення усіх фізіологічних процесів, пов'язаних із формування врожаю.

2.3. Методика проведення досліджень

Проведення запланованих експериментів відбувалося на території державного підприємства “Дослідне господарство “Степне” Інституту свинарства і АПВ НААН” впродовж 2023 і 2024 років. Основними факторами, що вивчалися у нашому дослідженні були:

фактор А – інокуляція насіння біопрепаратом на основі бульбочкових азотфіксуючих бактерій (ХСС) (ХіСтікСоя, 4 кг/т насіння) окремо та її поєднання із обробкою насіння молібденом (ХСС+Мо) (Molibion, 1,5 л/т насіння);

фактор В – застосування вико-вівсяної сумішки, як сидерального добрива та його поєднання із внесенням $P_{15}K_{15}$, $P_{30}K_{30}$.

У досліді вивчали сорт сої Білосніжка. Варіанти і повторення у досліді розміщувалися рендомізовано. Повторність розміщення варіантів у досліді була чотириразовою. Площа однієї ділянки становила 35 м². Технологія вирощування сої у дослідженнях була загальноприйнятною, за винятком досліджуваних елементів.

Для проведення аналізу розвитку вегетативної частини рослин у динаміці під час настання фаз третього трійчастого листка, бутонізації, цвітіння, формування бобів, повної стиглості насіння насіння кожен раз відбирали по 10 рослин. При цьому вимірювали висоту рослин, а також визначали їх свіжу і суху масу. Вимірювання площі листової поверхні у

динаміці методом висічок проводили у фазах появи і розвитку третього трійчастого листка, цвітіння, формування бобів і наливу насіння.

Безпосередньо перед збиранням врожаю насіння сої відбирали проби для визначення величини елементів індивідуальної продуктивності рослин (кількість бобів, кількість насінин у одному бобу, маса 1000 насінин).

РОЗДІЛ 3

ВПЛИВ ЗАБЕЗПЕЧЕНОСТІ РОСЛИН ЕЛЕМЕНТАМИ МІНЕРАЛЬНОГО ЖИВЛЕННЯ НА ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ СОЇ

3.1. Вплив різної забезпеченості елементами мінерального живлення на висоту рослин сої.

Дослідження росту рослин, ґрунтуються на спостереженнях і кількісній оцінці процесів, що просторово охоплюють кілька порядків величин від клітини до рослини і спільноти, а в часі - від хвилин (негайна реакція на стрес) до століть (екосистемна сукцесія). Ці різні просторові і часові масштаби також відносяться до різних, але частково перекриваючих один одного процесів.

Ріст рослин являє собою незворотне збільшення біомаси, яке проявляється в збільшенні довжини і діаметра рослини. Збільшення біомаси підтримується поділом і подовженням клітин. Всі рослини ростуть. Різниця полягає в швидкості росту, яка буває або повільною, або швидкою. Ріст припиняється у певний момент життєвого циклу рослини. На це впливає взаємодія генів і навколишнього середовища. Навколишнє середовище має значний вплив на ріст рослин. Фактор навколишнього середовища є світло, температура, вода і поживний режим.

Ріст є фундаментальною характеристикою живого організму. Це поняття визначити як необоротне збільшення в розмірах органу, його частин або навіть окремої клітини. Як правило, ріст відбувається за рахунок

протікання в організмі метаболічних процесів, які відбуваються за рахунок поглинутої і перетвореної у рослинах енергії сонячної радіації. Ріст рослин обумовлений наявністю меристем. Клітини таких меристем мають здатність ділитися і самовідновлюватися. Ріст рослин виражається рядом параметрів, основними з яких є збільшення лінійних розмірів у висоту. Всі рослини ростуть, різниця полягає в швидкості росту, яка буває або повільною, або швидкою. Зростання припиняється у певний момент життєвого циклу рослини. На це впливає взаємодія генетичних особливостей і факторів навколишнього середовища, серед яких вагому роль поряд із освітленням, температурою повітря, вологозабезпеченість, відіграє забезпеченість рослин поживними речовинами.

Ростові процеси надземної частини рослин є нерівномірними впродовж вегетаційного періоду. Результати досліджень показали незначне збільшення висоти рослин у всіх варіантах, що досліджувалися на початкових етапах вегетаційного періоду (табл. 3.1).

Від фази третього трійчастого листка до фази цвітіння і формування бобів спостерігалось досить інтенсивне збільшення лінійних розмірів надземної частини рослин сої. Під час наливу бобів і зерна у них було занотовано гальмування лінійних приростів рослин у висоту, що могло бути пов'язано із спрямуванням синтезованих органічних сполук до репродуктивних органів. Під час досягання бобів і насіння у них лінійний приріст рослин сої у висоту був мінімальним.

Відомо, що для забезпечення росту і розвитку рослини потребують 17 основних поживних елементів. Хоча відомо, що елементом, що визначає інтенсивність наростання надземної вегетативної маси рослин і відповідного збільшення їх лінійних розмірів є азот та його комбінація із фосфором і калієм.

Таблиця 3.1

**Висота рослин сої залежно від різної забезпеченості елементами
мінерального живлення, см (2023-2024 рр.)**

Інокуляція насіння	Удобрення	Фази росту і розвитку рослин				
		третій трійчастий листок	бутонізація	цвітіння	формува ння бобів	повна стиглість насіння
-	-	7,7	19,7	27,2	37,6	42,3
	Вико-овес	8,3	20,4	28,6	38,4	43,8
	Вико- овес+P ₁₅ K ₁₅	8,8	21,2	30,3	40,2	44,5
	Вико- овес+P ₃₀ K ₃₀	9,2	23,9	32,5	41,4	45,9
ХСС	-	8,2	20,5	28,5	38,5	43,7
	Вико-овес	8,8	21,3	29,4	40,8	44,3
	Вико- овес+P ₁₅ K ₁₅	9,6	21,8	31,7	41,3	45,9
	Вико- овес+P ₃₀ K ₃₀	10,2	23,5	33,9	42,9	47,2
ХСС+Mo	-	8,6	21,6	29,7	39,6	45,3
	Вико-овес	9,2	22,4	30,8	41,2	46,8
	Вико- овес+P ₁₅ K ₁₅	9,8	23,4	32,7	42,7	47,5
	Вико- овес+P ₃₀ K ₃₀	11,3	26,2	34,4	43,9	48,4

Дані представленої таблиці чітко вказують на те, що найнижчі показники ростових характеристик сої, тобто висота рослин, були занотовані на контрольному варіанті, тобто без застосування інокуляції насіння, внесення сидеральних добрив і мінерального удобрення.

Разом з тим, отримані результати дослідження показали, позитивний вплив NPK, зеленої маси вико-вівсяної сумішки, біологічного препарату на основі азотфіксуючих бактерій і мікродобрива та їх поєднання на лінійний приріст рослин впродовж усього періоду вегетації.

Щодо впливу сидерального добрива, то дані таблиці показують, збільшення висоти рослин у фазі повної стиглості насіння на 1,5 см щодо контролю.

Поєднання внесення сидеральних і мінеральних добрив покращувало умови для проходження ростових процесів у рослинах, що виражалося у збільшенні довжини їх головного стебла на 2,2-3,6 см порівняно з контролем, причому внесення $P_{30}K_{30}$ на фоні сидерального удобрення виявилось більш ефективним порівняно із половинною дозою фосфорно-калійних добрив.

У варіантах із застосуванням біопрепарату на основі азотфіксуючих бактерій, висота рослин впродовж вегетаційного періоду сої перевищувала контрольний варіант і у фазі повної стиглості зерна становила 43,7 см, проти 42,3 см – на контрольному варіанті.

Рослини, інокульовані біопрепаратом на основі азотфіксуючих бактерій у поєднанні із сидеральним удобренням, мали вищі значення оцінюваного параметру впродовж вегетаційного періоду, ніж рослини, на яких не проводилося застосування досліджуваних елементів технології вирощування.

У варіантах поєднання інокуляції насіння, застосування зеленої маси вико-вівсяної сумішки у якості сидерального добрива та внесення $P_{15}K_{15}$, висота рослин перевищувала контрольний варіант на 8,51 %. Застосування повної дози внесення фосфорно-калійних добрив у поєднання із сидеральним удобренням та інокуляцією насіння сприяло збільшенню величини даного показника на 4,9 см порівняно з контрольним варіантом.

Поєднання допосівної обробки насіння комплексом азотфіксуючі бактерії + Mo із внесенням сидеральних і мінеральних добрив покращувало умови для проходження ростових процесів у рослинах, що виражалося у збільшенні висоти їх головного стебла на 5,2-6,1 см порівняно з контролем,

причому внесення $P_{30}K_{30}$ на фоні сидерального удобрення виявилось більш ефективним порівняно із половинною дозою фосфорно-калійних добрив. У даному варіанта значення висоти рослин загалом по досліді були найбільшими

3.2. Вплив різної забезпеченості елементами мінерального живлення на динаміку розвитку листкової поверхні посівів сої.

Продуктивність рослин визначається як результат роботи цілісної системи. Так, фотосинтез забезпечує постачання метаболічних процесів вуглецем і енергією, на які спирається вся система, але ця взаємодія не є лінійною, вона визначається взаємозв'язком кількох факторів, таких як розвиток, структура рослинного покриву, величина листкових пластинок, співвідношення джерела і поглинача, а також інтенсивність і продуктивність фотосинтезу. Листкові пластинки є основними органами фотосинтетичної діяльності рослин, тому їх розміри є ключовим параметром впливу на різні біологічні процеси. Розвиток листкової поверхні піддається значному впливу факторів зовнішнього середовища, серед яких вагому роль відіграє забезпеченість рослин елементами мінерального живлення.

Дані таблиці свідчать про нерівномірність збільшення величини листкової поверхні посівів сої впродовж вегетаційного періоду. На початку вегетації рослини формували листову поверхню незначних розмірів. Період від появи третього трійчастого листка до цвітіння і формування бобів характеризувався найбільш інтенсивним розвитком асиміляційної поверхні рослин. Піку свого розвитку вона досягала у фазі формування бобів. У цей час величина площі листкової поверхні посівів сої залежно від застосування досліджуваних факторів сягала значень 30,6-36,9 тис. $m^2/га$. Надалі, від формування бобів до наливу зерна розміри листкової поверхні посівів поступово зменшувалися, здебільшого за рахунок підсихання рослин і відмирання листків нижніх ярусів.

Результати дослідження показали, позитивний вплив NPK, зеленої маси вико-вівсяної сумішки, біологічного препарату на основі азотфіксуючих бактерій і мікродобрива та їх поєднання на формування асиміляційної поверхні посівів сої впродовж усього періоду вегетації (табл. 3.2).

Щодо впливу сидерального добрива, то дані таблиці показують вищі параметри площі листової поверхні посівів сої у фазі формування бобів на 0,9 тис. м²/га щодо контролю.

Поєднання внесення сидеральних і мінеральних добрив покращувало умови для формування листової поверхні, що виражалося у збільшенні параметру, що вивчався на 2,7-3,5 тис. м²/га порівняно з контролем, причому внесення P₃₀K₃₀ на фоні сидерального удобрення виявилось більш ефективним порівняно із половинною дозою фосфорно-калійних добрив.

У варіантах із застосуванням біопрепарату на основі азотфіксуючих бактерій, площа листової поверхні посівів впродовж вегетаційного періоду сої перевищувала контрольний варіант і у фазі формування бобів становила 31,7 тис. м²/га, проти 30,6 тис. м²/га – на контрольному варіанті.

Рослини, інокульовані біопрепаратом на основі азотфіксуючих бактерій у поєднанні із сидеральним удобренням, мали вищі значення оцінюваного параметру впродовж вегетаційного періоду, ніж рослини, на яких не проводилося застосування досліджуваних елементів технології вирощування.

У варіантах поєднання інокуляції насіння, застосування зеленої маси вико-вівсяної сумішки у якості сидерального добрива та внесення P₁₅K₁₅ площа листової поверхні перевищувала контрольний варіант на 12,1 %. Застосування повної дози внесення фосфорно-калійних добрив у поєднання із сидеральним удобренням та інокуляцією насіння сприяло збільшенню величини даного показника на 5,3 тис. м²/га порівняно з контрольним варіантом.

Таблиця 3.2

**Динаміка формування листкової поверхні посівів сої залежно від різної
забезпеченості рослин елементами мінерального живлення, тис. м²/га
(2023-2024 рр.)**

Інокуляція насіння	Удобрення	Фази росту і розвитку рослин				
		третій трійчастий листок	бутонізація	цвітіння	формування бобів	налив насіння
-	-	5,9	18,2	25,4	30,6	32,3
	Вико-овес	6,2	18,8	26,7	31,5	33,7
	Вико- овес+P ₁₅ K ₁₅	7,5	19,3	28,5	33,3	35,7
	Вико- овес+P ₃₀ K ₃₀	8,4	20,4	29,5	34,1	36,2
ХСС	-	6,3	19,3	27,2	31,7	33,5
	Вика	7,5	19,7	28,6	32,7	34,7
	Вика+S	8,8	20,4	30,1	34,3	36,1
	Вика+ S+B	9,2	21,3	30,9	35,9	37,4
ХСС+Мо	-	6,8	20,5	28,4	32,8	34,2
	Вико-овес	7,7	20,9	29,9	34,2	35,3
	Вико- овес+P ₁₅ K ₁₅	9,0	21,7	31,4	35,7	37,5
	Вико- овес+P ₃₀ K ₃₀	9,5	22,8	32,5	36,9	38,2

Поєднання допосівної обробки насіння комплексом азотфіксуючі бактерії + Мо із внесенням сидеральних і мінеральних добрив покращувало умови для проходження ростових процесів у рослинах, а також формування їх асиміляційної поверхні що виражалося у збільшенні площі листкової поверхні

посівів на 5,1-6,3 тис. м²/га порівняно з контролем, причому внесення Р₃₀К₃₀ на фоні сидерального удобрення виявилось більш ефективним порівняно із половинною дозою фосфорно-калійних добрив. У даному варіанта площа листової поверхні посівів сої загалом по досліді була найбільшою (36,9 тис. м²/га).

3.3. Вплив різної забезпеченості елементами мінерального живлення на тривалість і продуктивність фотосинтетичної діяльності листової поверхні посівів сої.

У процесі фотосинтезу листові пластинки вловлюють енергію сонячних променів впродовж періоду вегетації та перетворюють її у біомасу. Таким чином кількість синтезованої рослиною органічної речовини визначається не тільки розмірами листової поверхні, а й тривалістю періоду її активного функціонування. Тривалість перебування листової поверхні у активному стані визначає показник фотосинтетичного потенціалу посіву.

Результати дослідження показали, позитивний вплив мінеральних добрив, зеленої маси вико-вівсяної сумішки, біологічного препарату на основі азотфіксуючих бактерій і мікродобрива та їх поєднання на формування асиміляційної поверхні посівів сої впродовж усього періоду вегетації та

У варіантах внесення сидерального добрива, величина фотосинтетичного потенціалу посівів сої перевищувала контрольний варіант на 0,26 млн.м²діб/га. Поєднання внесення сидеральних і мінеральних добрив покращувало умови для формування листової поверхні та подовжувало період перебування її у активному стані, що виражалось у збільшенні параметру, що вивчався на 0,38-0,48 млн.м²діб/га порівняно з контролем, причому внесення Р₃₀К₃₀ на фоні сидерального удобрення виявилось більш ефективним порівняно із половинною дозою фосфорно-калійних добрив.

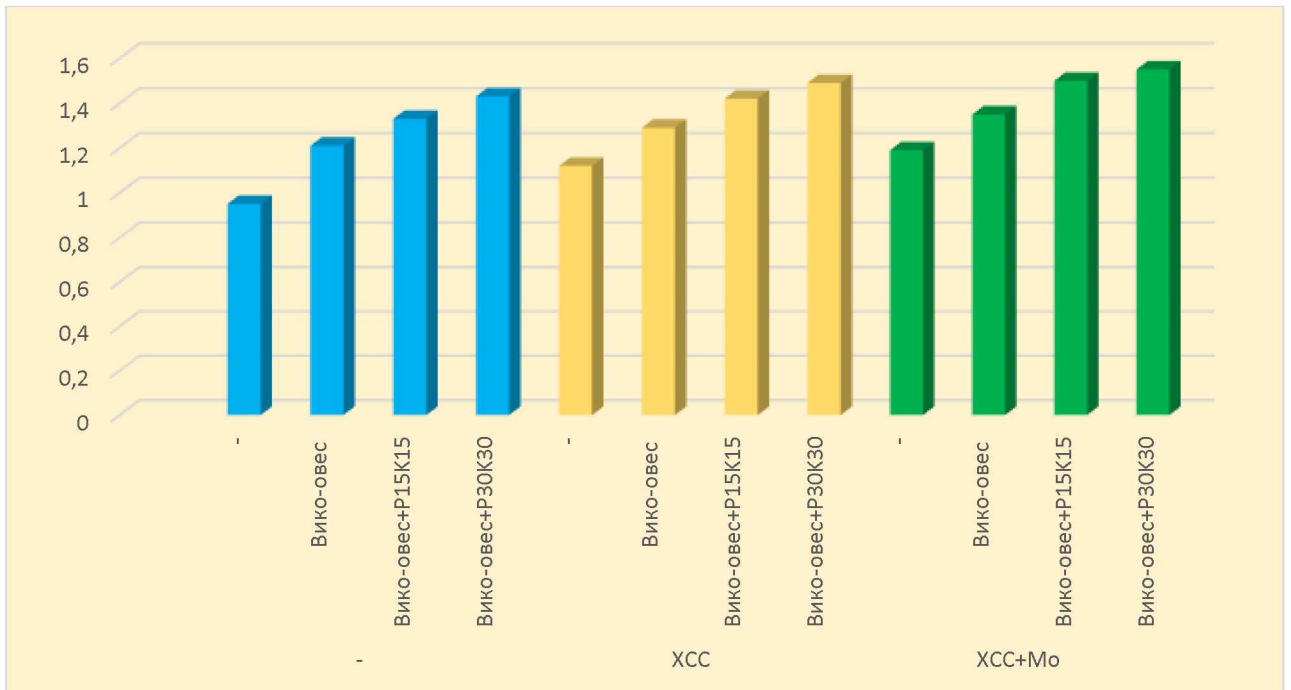


Рис. 3.1. Фотосинтетичний потенціал посівів сої залежно від різної забезпеченості рослин елементами мінерального живлення (третій трійчастий листок-налив насіння), млн.м²діб/га (2023-2024 рр.)

У варіантах із застосуванням біопрепарату на основі азотфіксуючих бактерій, фотосинтетичний потенціал посівів сої становив 1,12 млн.м²діб/га проти 0,95 млн.м²діб/га – на контрольному варіанті.

Рослини, інокульовані біопрепаратом на основі азотфіксуючих бактерій у поєднанні із сидеральним удобренням, мали вищі значення оцінюваного параметру впродовж вегетаційного періоду, ніж рослини, на яких не проводилося застосування досліджуваних елементів технології вирощування.

У варіантах поєднання інокуляції насіння, застосування зеленої маси вико-вівсяної сумішки у якості сидерального добрива та внесення P₁₅K₁₅ значення фотосинтетичного потенціалу посівів сої перевищували контрольний варіант на 49,5 %. Застосування повної дози внесення фосфорно-калійних добрив у поєднання із сидеральним удобренням та інокуляцією насіння сприяло збільшенню величини даного показника на 0,54 млн.м²діб/га порівняно з контрольним варіантом.

У варіантах допосівної обробки насіння комплексом азотфіксуючі бактерії + Мо перевищення величини фотосинтетичного потенціалу посівів сої по відношенню до контрольного варіанту становило 25,3 %.

Застосування обробки насіння комплексом азотфіксуючі бактерії + Мо на фоні сидерального удобрення сприяло підвищенню значень даного показника на 0,40 млн.м²діб/га порівняно з контрольним варіантом.

Поєднання допосівної обробки насіння комплексом азотфіксуючі бактерії + Мо із внесенням сидеральних і мінеральних добрив покращувало умови для наростання листової поверхні у посівах сої та подовжувало період її активної фотосинтетичної діяльності, що виражалось у збільшенні їх фотосинтетичного потенціалу на 0,55-0,60 млн.м²діб/га порівняно з контролем, причому внесення P₃₀K₃₀ на фоні сидерального удобрення виявилось більш ефективним порівняно із половинною дозою фосфорно-калійних добрив. У даному варіанті фотосинтетичний потенціал посівів сої загалом по досліді була найвищим (1,55 млн.м²діб/га).

Фотосинтез є основою продукування біомаси рослинами. Так, у процесі фотосинтетичної діяльності рослини синтезують близько 95 % органічних сполук, що забезпечують проходження усіх життєво важливих процесів.

У спеціалізованих структурах, хлоропластах, рослини використовують енергію сонячної радіації для перетворення вуглекислого газу та води в глюкозу та кисень. Цей процес не тільки стимулює ріст рослин, але і приводить до накопичення органічної речовини у вигляді біомаси. Енергія, що отримується в процесі фотосинтезу, накопичується в клітинах рослин і може бути використана для різних цілей, що робить рослини безцінним ресурсом як для природніх екосистем, так і для діяльності людини. Динаміку накопичення рослинами органічної біомаси показує чиста продуктивності фотосинтезу. Її значення виражає кількість створеної у процесі фотосинтезу сухої речовини одиницею листової поверхні за певний проміжок часу. Її значення можуть істотно варіювати залежно від впливу факторів навколишнього середовища.

Результати дослідження показали, позитивний вплив мінеральних добрив, зеленої маси вико-вівсяної сумішки, біологічного препарату на основі азотфіксуючих бактерій і мікродобрива та їх поєднання на величину чистої продуктивності фотосинтезу (рис. 3.2).

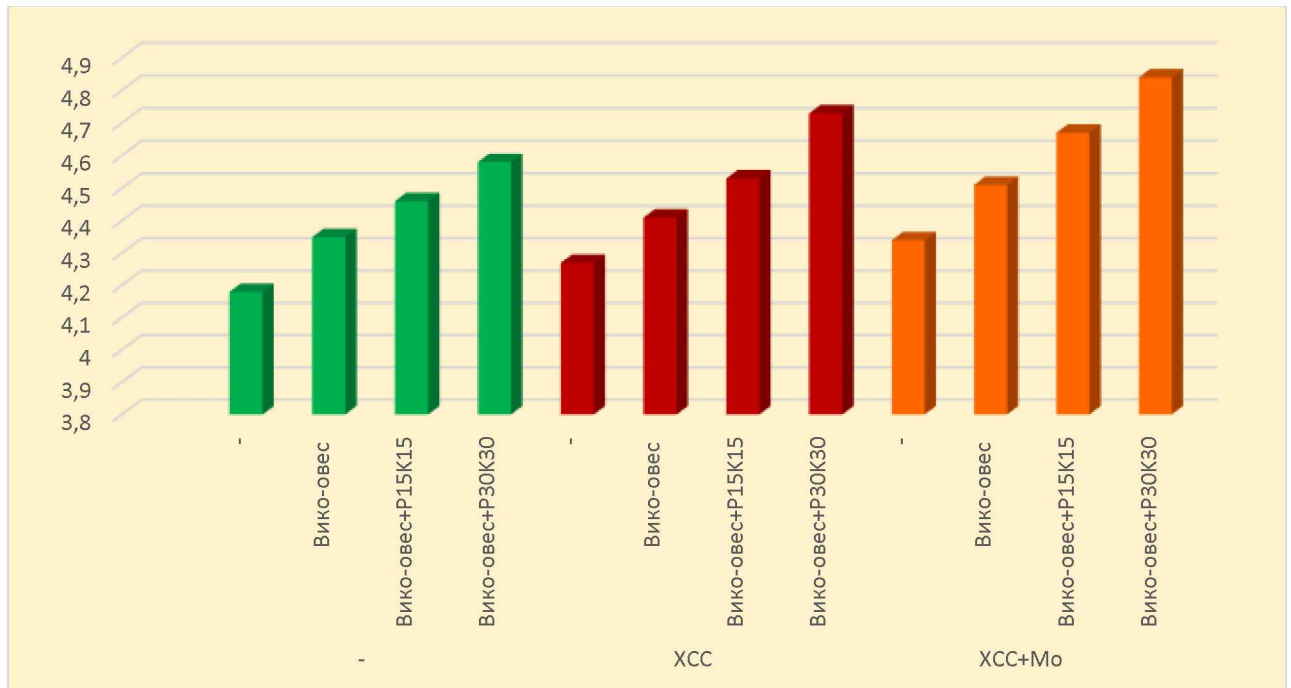


Рис. 3.2. Чиста продуктивність сої залежно від різної забезпеченості рослин елементами мінерального живлення (третій трійчастий листок-налив насіння), г/м² сухої маси за добу (2023-2024 рр.)

У варіантах внесення сидерального добрива значення даного показника перевищувало контрольний варіант на 0,17 г/м² за добу.

Поєднання внесення сидеральних і мінеральних добрив підвищувало інтенсивність продукування рослинами органічної біомаси, що виражалось у підвищенні значення чистої продуктивності фотосинтезу на 0,28-0,40 г/м² за добу порівняно з контролем, причому внесення P₃₀K₃₀ на фоні сидерального удобрення виявилось більш ефективним порівняно із половинною дозою фосфорно-калійних добрив.

У варіантах із застосуванням біопрепарату на основі азотфіксуючих бактерій, чиста продуктивність фотосинтезу становила 4,27 г/м² за добу проти 4,18 г/м² за добу – на контрольному варіанті.

Рослини, інокульовані біопрепаратом на основі азотфіксуючих бактерій у поєднанні із сидеральним удобренням, мали вищі значення оцінюваного параметру впродовж вегетаційного періоду, ніж рослини, на яких не проводилося застосування досліджуваних елементів технології вирощування.

У варіантах поєднання інокуляції насіння, застосування зеленої маси вико-вівсяної сумішки у якості сидерального добрива та внесення $P_{15}K_{15}$ значення чистої продуктивності сої перевищували контрольний варіант на 8,37 %. Застосування повної дози внесення фосфорно-калійних добрив у поєднанні із сидеральним удобренням та інокуляцією насіння сприяло збільшенню величини даного показника на 0,55 г/м² за добу порівняно з контрольним варіантом.

У варіантах допосівної обробки насіння комплексом азотфіксуючі бактерії + Мо перевищення величини чистої продуктивності посівів сої по відношенню до контрольного варіанту становило 3,82 %.

Застосування обробки насіння комплексом азотфіксуючі бактерії + Мо на фоні сидерального удобрення сприяло підвищенню значень даного показника на 0,33 г/м² за добу порівняно з контрольним варіантом.

Поєднання допосівної обробки насіння комплексом азотфіксуючі бактерії + Мо із внесенням сидеральних і мінеральних добрив підвищувало інтенсивність продукування рослинами органічних сполук, що виражалось у підвищенні значень чистої продуктивності фотосинтезу на 0,49-0,66 г/м² за добу порівняно з контролем, причому внесення $P_{30}K_{30}$ на фоні сидерального удобрення виявилось більш ефективним порівняно із половинною дозою фосфорно-калійних добрив. У даному варіанті загалом по досліді чиста продуктивність фотосинтезу була найвищою (4,84 г/м² за добу).

Інтенсивність накопичення органічних сполук визначила величину загальної надземної біомаси рослинами, яка у фазу наливу насіння сягала значень від до 13,2 до 17,9 г. Її значення закономірно підвищувалися по мірі покращання поживного режиму рослин (табл. 3.3).

Таблиця 3.3

**Динаміка накопичення абсолютно сухої речовини рослинами сої
залежно від різної забезпеченості елементами мінерального живлення, г
(2023-2024 рр.)**

Інокуляція насіння	Удобрення	Фази росту і розвитку рослин			
		третій трійчастий листок	бутонізація	цвітіння	налив насіння
-	-	0,95	2,54	5,75	13,2
	Вико-овес	1,12	2,67	5,89	14,5
	Вико- овес+P ₁₅ K ₁₅	1,26	2,75	6,13	15,1
	Вико- овес+P ₃₀ K ₃₀	1,34	2,84	6,25	15,8
ХСС	-	1,15	2,63	5,92	14,1
	Вико-овес	1,25	2,77	6,15	15,5
	Вико- овес+P ₁₅ K ₁₅	1,32	2,86	6,32	16,1
	Вико- овес+P ₃₀ K ₃₀	1,38	2,93	6,44	17,8
ХСС+Мо	-	1,23	2,75	6,12	15,6
	Вико-овес	1,32	2,88	6,27	16,4
	Вико- овес+P ₁₅ K ₁₅	1,34	2,97	6,34	17,3
	Вико- овес+P ₃₀ K ₃₀	1,43	3,02	6,45	17,9

Так, внесення сидеральних добрив забезпечило підвищення значень маси рослин у абсолютно сухому стані у фазі досягання зерна на 1,30 г порівняно з контролем.

Поєднання внесення сидеральних і мінеральних добрив покращувало умови для наростання абсолютно сухої речовини рослин сої, що виражалось у підвищенні значень маси рослин у абсолютно сухому стані на 1,90-2,60 г порівняно з контролем, причому внесення $P_{30}K_{30}$ на фоні сидерального удобрення виявилось більш ефективним порівняно із половинною дозою фосфорно-калійних добрив.

У варіантах із застосуванням біопрепарату на основі азотфіксуючих бактерій, маса абсолютно сухих рослин становила 14,1 г проти 13,2 г – на контрольному варіанті.

Рослини, інокульовані біопрепаратом на основі азотфіксуючих бактерій у поєднанні із сидеральним удобренням, мали вищі значення оцінюваного параметру впродовж вегетаційного періоду, ніж рослини, на яких не проводилося застосування досліджуваних елементів технології вирощування.

У варіантах поєднання інокуляції насіння, сидерального удобрення та внесення $P_{15}K_{15}$ значення сухої маси рослин перевищували контрольний варіант на 21,9 %. Застосування повної дози внесення фосфорно-калійних добрив у поєднання із сидеральним удобренням та інокуляцією насіння сприяло збільшенню величини даного показника на 4,60 г порівняно з контрольним варіантом.

У варіантах допосівної обробки насіння комплексом азотфіксуючі бактерії + Мо перевищення сухої маси рослин по відношенню до контрольного варіанту становило 18,2 %.

Застосування обробки насіння комплексом азотфіксуючі бактерії + Мо на фоні сидерального удобрення сприяло підвищенню значень даного показника на 3,2 г порівняно з контрольним варіантом.

Поєднання допосівної обробки насіння комплексом азотфіксуючі бактерії + Мо із внесенням сидеральних і мінеральних добрив підвищувало інтенсивність продукування рослинами органічної речовини, що сприяло підвищенню значень маси рослин у абсолютно сухому стані на 4,1-4,7 г порівняно з контролем, причому внесення $P_{30}K_{30}$ на фоні сидерального

удобрення виявилось більш ефективним порівняно із половинною дозою фосфорно-калійних добрив. У даному варіанті загалом по досліді маса сухих рослин сої була найвищою (17,9 г).

3.4. Вплив різної забезпеченості елементами мінерального живлення на індивідуальну продуктивність рослин і урожайність посівів сої.

Індивідуальна продуктивність рослин виступає як складна взаємодія усіх фізіологічних процесів впродовж усього періоду вегетації під впливом комплексу факторів навколишнього середовища. Ключовий вплив на розвиток рослин та формування елементів їх продуктивності має вміст у ґрунті достатньої кількості елементів мінерального живлення.

Отримані результати свідчать про позитивний вплив факторів, що вивчалися та їх комплексної взаємодії на величину структурних елементів рослин сої (рис. 3.3-3.5).

Так внесення сидеральних добрив сприяло збільшенню кількості бобів на рослинах, насінин у них і маси 1000 насінин порівняно з контрольним варіантом на 0,5 шт., 0,1 шт. і 7,2 г відповідно.

Поєднання внесення сидеральних і мінеральних добрив покращувало умови для продукування рослинами органічних сполук та перерозподілу їх до генеративних органів у процесі їх розвитку, що виражалось у підвищенні значень досліджуваних структурних елементів врожаю, причому внесення $P_{30}K_{30}$ на фоні сидерального удобрення виявилось більш ефективним порівняно із половинною дозою фосфорно-калійних добрив.

У варіантах із застосуванням біопрепарату на основі азотфіксуєючих бактерій, кількість бобів, насінин у них, маса 1000 насінин становили 9,3 шт., 1,9 шт., і 120,8 г відповідно проти 7,8 шт., 1,9 шт., і 118,3 г відповідно – на контрольному варіанті.

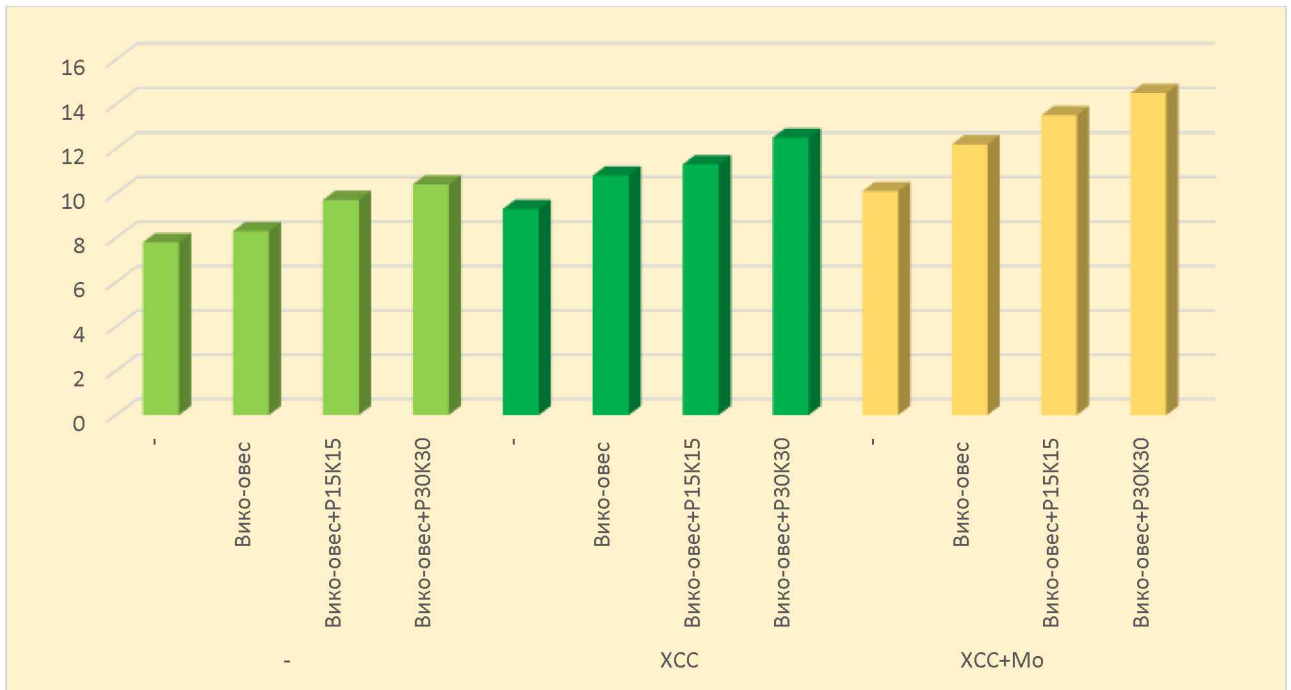


Рис. 3.3. Кількість бобів на одній рослині залежно від різної забезпеченості рослин елементами мінерального живлення, шт (2023-2024 рр.)

Рослини, інокульовані біопрепаратом на основі азотфіксуючих бактерій у поєднанні із сидеральним удобренням, мали вищі значення елементів структури врожаю, ніж рослини контрольного варіанту.

У варіантах поєднання інокуляції насіння, сидерального удобрення та внесення $P_{15}K_{15}$ значення кількості бобів на рослинах, насінин у них і маси 1000 насінин перевищували контрольний варіант на 44,9 %, 10,5 % і 13,7 відповідно. Застосування повної дози внесення фосфорно-калійних добрив у поєднання із сидеральним удобренням та інокуляцією насіння сприяло збільшенню величин даних показників на 60,2 %, 15,8 % і 19,8 відповідно порівняно з контрольним варіантом.

У варіантах допосівної обробки насіння комплексом азотфіксуючі бактерії + Мо перевищення кількості бобів на рослинах, насінин у них і маси 1000 насінин по відношенню до контрольного варіанту становило 29,5 %, 5,26 % і 4,22 % відповідно.

Застосування обробки насіння комплексом азотфіксуючі бактерії + Мо на фоні сидерального удобрення сприяло підвищенню значень даних

показників на 4,4 шт., 0,2 шт., і 14,2 г відповідно, порівняно з контрольним варіантом.

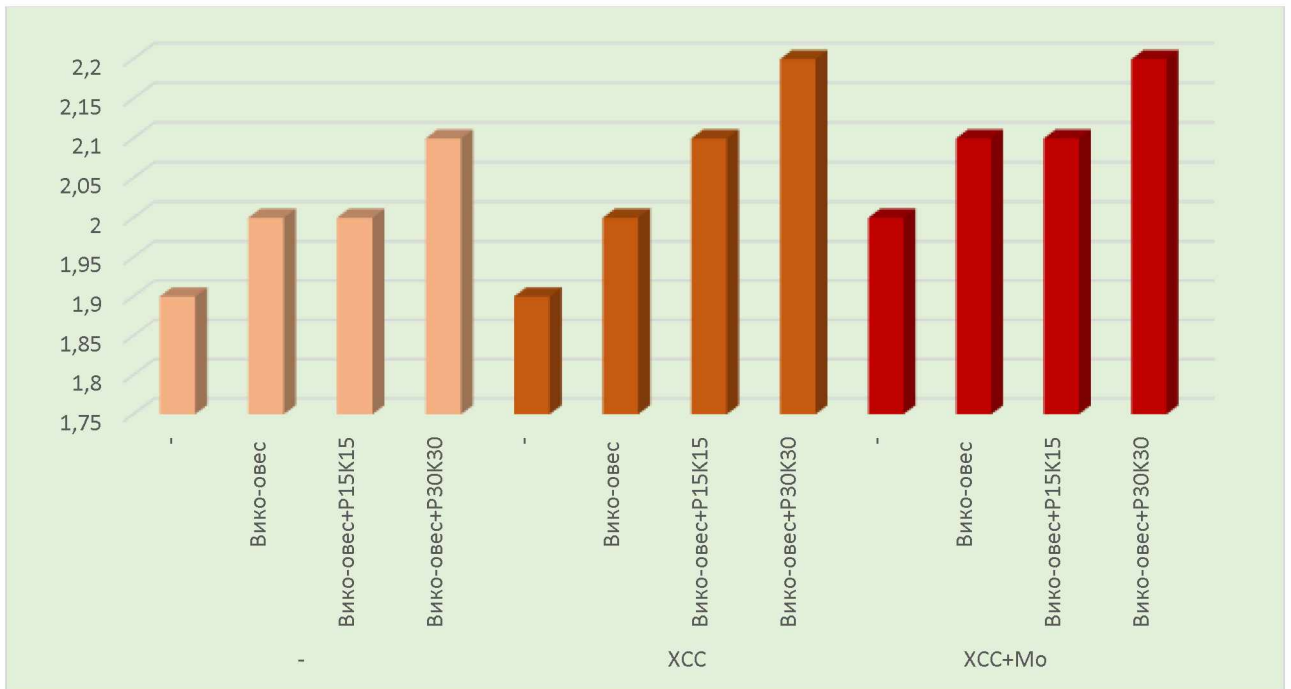


Рис. 3.4. Кількість насінин у бобі залежно від різної забезпеченості рослин елементами мінерального живлення, шт (2023-2024 рр.)

Поєднання допосівної обробки насіння комплексом азотфіксуючі бактерії + Mo із внесенням сидеральних і мінеральних добрив підвищувало інтенсивність продукування рослинами органічної речовини, та посилювало її надходження до плодів під час їх розвитку, що, в свою чергу сприяло підвищенню значень елементів структури врожаю порівняно з контролем, причому внесення $P_{30}K_{30}$ на фоні сидерального удобрення виявилось більш ефективним порівняно із половинною дозою фосфорно-калійних добрив. У даному варіанті загалом по досліді величини елементів врожаю були найбільшими.

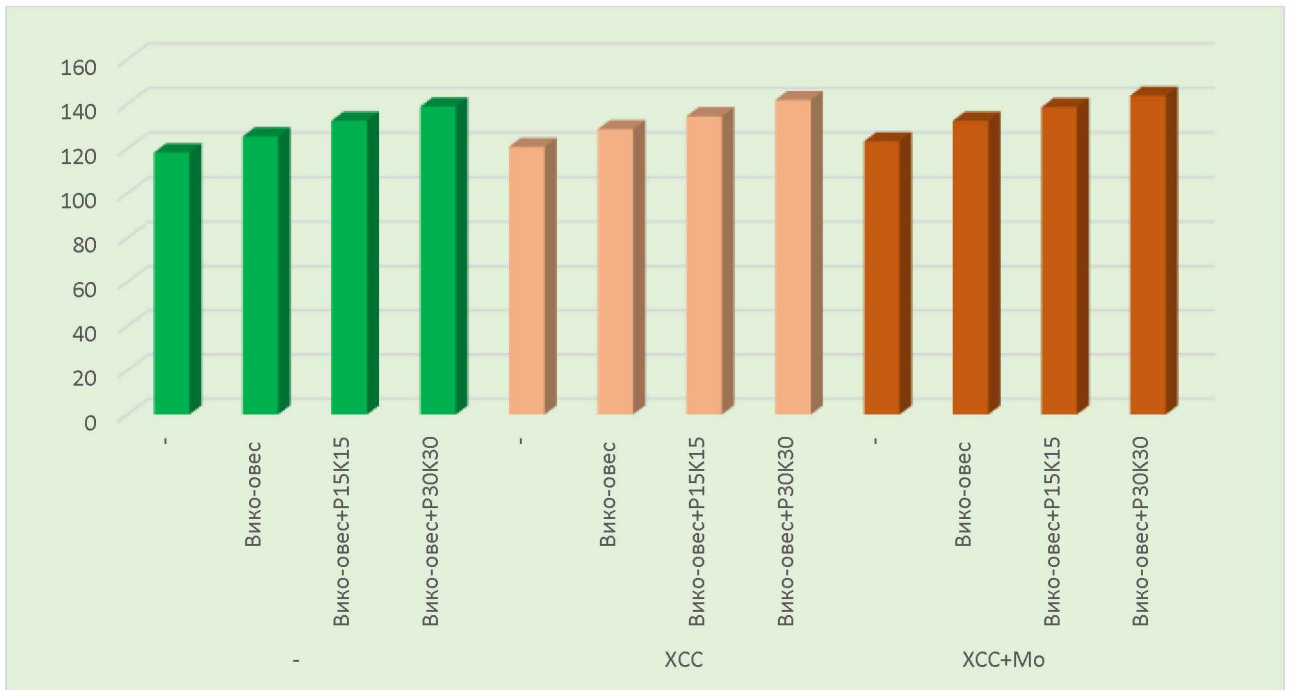


Рис. 3.5. Маса 1000 насінин залежно від різної забезпеченості рослин елементами мінерального живлення, г (2023-2024 рр.)

Інтенсивний ріст надземної частини і кореневої системи рослин, достатній розвиток фотосинтезуючої поверхні рослин та посилення її фотосинтетичної активності, сприяли, в свою чергу, збільшенню кількості синтезованих метаболітів і накопичення сухої речовини рослинами, а також збільшення середньої кількості сформованих на рослинах бобів та насінин у них, маси 1000 насінин. Величини усіх цих елементів індивідуальної продуктивності рослин обумовили зростання показника урожайності насіння.

Найвищі значення даного показника (2,90 т/га) були зафіксовані у варіанті комплексного застосування допосівної обробки насіння комплексом азотфіксуючі бактерії + Мо із внесенням сидеральних добрив і $P_{30}K_{30}$.

Інокуляція насіння біопрепаратом на основі азотфіксуючих бактерій забезпечила підвищення урожайності насіння сої на 0,12 т/га.

Комплексне застосування біопрепарату на основі азотфіксуючих мікроорганізмів і молібдену у передпосівній обробці насіння забезпечило збільшення величини даного показника на 0,22 т/га (табл 3.4).

Таблиця 3.4

**Урожайність насіння сої залежно від різної забезпеченості рослин
елементами мінерального живлення, т/га (2023-2024 рр.)**

Інокуляція насіння	Удобрення	Урожайність насіння, т/га		Середнє за 2 роки, т/га
		2023	2024	
-	-	2,73	1,75	2,24
	Вико-овес	2,81	1,86	2,34
	Вико-овес+P ₁₅ K ₁₅	2,94	1,93	2,44
	Вико-овес+P ₃₀ K ₃₀	3,08	2,08	2,58
ХСС	-	2,86	1,86	2,36
	Вико-овес	2,95	1,97	2,46
	Вико-овес+P ₁₅ K ₁₅	3,19	2,04	2,62
	Вико-овес+P ₃₀ K ₃₀	3,24	2,13	2,69
ХСС+Мо	-	2,95	1,96	2,46
	Вико-овес	3,12	2,23	2,68
	Вико-овес+P ₁₅ K ₁₅	3,23	2,34	2,79
	Вико-овес+P ₃₀ K ₃₀	3,34	2,45	2,90

НР_{0,95}, т/га А – 0,10; В – 0,11; АВ – 0,14

РОЗДІЛ 4

ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ РІЗНОЇ ЗАБЕЗПЕЧЕНОСТІ РОСЛИН ЕЛЕМЕНТАМИ МІНЕРАЛЬНОГО ЖИВЛЕННЯ У АГРОТЕХНОЛОГІЧНОМУ ПРОЦЕСІ ВИРОЩУВАННЯ СОЇ

Впровадження нових елементів технології являє собою динамічний процес, який змінюється з часом. Тому таку технологію необхідно спочатку оцінити на предмет можливості застосування її у господарствах різних форм власності. Аналіз фінансової вигоди від застосування того чи іншого прийому є важливим аспектом при оцінці розробки продукту, оскільки він може визначити доцільність вирощування сільськогосподарської культури.

Впровадження нових технологічних прийомів має значення не тільки для агрономії, але і для збільшення доходів фермерів від виробництва сільськогосподарської продукції [96, 97].

Адаптивна та адекватна технологія має чотири характеристики, а саме: вона технічно доцільна, економічно вигідна, соціально прийнятна і нешкідлива для навколишнього середовища [98].

Характеристики економічної доцільності впровадження тієї чи іншої інновації визначатимуть, чи будуть фермери впроваджувати її, виходячи з характеру відносних переваг порівняно із старою технологією [99].

Аналіз економічної доцільності впровадження біопрепарату на основі азотфіксуючих бактерій, мікродобрива Мо, сидеральних добрив та їх поєднання із мінеральним удобренням був здійснений із врахуванням вартості матеріалів та проведених технологічних операцій на базі ціни у 2023-2024 рр.

Для проведення технологічних операцій, що досліджувалися, потрібно було використати неоднакову кількість фінансів. Це у свою чергу визначило рівень грошових витрат на технологічний процес вирощування сої та його економічну ефективність (табл. 4.1).

Результати досліджень представлені у поданій таблиці показали, що рівень фінансових витрат змінювався залежно від вартості проведення

технологічних операцій у кожному варіанті дослідження. Найменшим (29800 грн./га) він у контрольному варіанті, найвищим (39200 грн./га) – у варіанті поєднання усіх досліджуваних факторів.

Таблиця 4.1

Економічна ефективність застосування методів різної забезпеченості рослин елементами мінерального живлення у агротехнологічному процесі вирощування сої (2023-2024 рр.)

Інокуляція насіння	Удобрення	Вартість валової продукції грн./га	Виробничі витрати, грн./га	Умовно-чистий прибуток, грн./га	Собівартість, грн./т	Рентабельність, %
-	-	38080	29800	8280	13303	62,24
	Вико-овес	39780	32600	7180	13931	51,54
	Вико-овес+P ₁₅ K ₁₅	41480	36000	5480	14754	37,14
	Вико-овес+P ₃₀ K ₃₀	43860	37200	6660	14418	46,19
ХСС	-	40120	30600	9520	12966	73,42
	Вико-овес	41820	33200	8620	13495	63,87
	Вико-овес+P ₁₅ K ₁₅	44540	37200	7340	14198	51,70
	Вико-овес+P ₃₀ K ₃₀	45730	38400	7330	14275	51,35
ХСС+Mo	-	41820	31400	10420	12764	81,63
	Вико-овес	45560	34000	11560	12686	91,12
	Вико-овес+P ₁₅ K ₁₅	47430	38000	9430	13620	69,24
	Вико-овес+P ₃₀ K ₃₀	49300	39200	10100	13517	74,72

Вартість валової продукції, як показник ціни зібраного врожаю збільшувалася по мірі зростання величини отриманого з ділянки врожаю насіння з урахуванням покращання умов вирощування рослин залежно від застосування факторів дослідження. Значення даного показнику були найвищими у варіант поєднання допосівної обробки насіння комплексом азотфіксуючі бактерії + Мо із внесенням сидеральних добрив і P₃₀K₃₀.

Значення вартості валової продукції та виробничих витрат визначили рівень умовного чистого прибутку, собівартості та рентабельності застосування пропонованих елементів технології вирощування сої.

Залежно від факторів, що вивчалися, величина чистого прибутку у технологічному процесі вирощування сої змінювалася у межах 5480-11560 грн./га.

Собівартість вирощеної продукції при цьому становила 12966-14275 грн./т, а рентабельність виробництва змінювалася у межах 37,14-91,12 %

У ході проведення детального аналізу економічної ефективності впровадження пропонованих елементів технології вирощування сої було визначено, що серед факторів, які вивчалися у дослідженні найбільш доцільним виявилось поєднання застосування допосівної обробки насіння комплексом азотфіксуючі бактерії + Мо із внесенням сидеральних добрив, де рентабельність виробничого процесу насіння сої сягала рівня 91,12 %.

РОЗДІЛ 5

ЕКОЛОГІЧНА ЕКСПЕРТИЗА

Сільське господарство є не тільки основним джерелом їжі та одягу для людини, але й фундаментом, що підтримує економічний розвиток та соціальний прогрес [100, 101]. До промислової революції розвиток сільського господарства в основному залежав від самовідновлення родючості ґрунту або збільшення кількості органічної речовини в ґрунті за рахунок повернення гною та соломи на поля [102].

Як наслідок, розвиток сільського господарства був повільним, а масштаби - невеликими. До середини 19 століття поява хімічних добрив відкрила канал надходження поживних речовин для росту сільськогосподарських культур ззовні сільськогосподарської системи, що розширило зміст матеріального потоку та енергетичного циклу в сільськогосподарській системі, а також значно сприяло розвитку сільськогосподарського виробництва [103].

Однак, у наш час за традиційного способу ведення сільськогосподарського виробництва та застосування необґрунтованих методів внесення добрив, їх надмірне використання є одним з основних джерел сільськогосподарського неточкового забруднення [104].

З побудовою екологічної цивілізації та підвищенням екологічної свідомості людей все більше уваги приділяється ресурсним та екологічним проблемам, таким як забруднення води забруднення повітря та деградація земель, які спричинені надмірним використанням хімічних добрив [105]. Як наслідок, вирішення цих проблем стало важливим об'єктом урядової політики [106]. Внаслідок недостатнього наукового розуміння ролі поживних речовин у ґрунті, досить поширеною є необґрунтована структура застосування хімічних добрив в сільськогосподарському виробництві [107], особливо це стосується таких проблем, як надання значення хімічним добривам та нехтування органічними добривами, а також надання більш важливого

значення основним елементам і нехтування застосування мікроелементів, всі ці фактори серйозно перешкоджають зростанню врожаю [108]. Загалом, необґрунтовані та ненаукові проблеми у застосуванні хімічних добрив не лише завдають шкоди базовій родючості ґрунту та збільшують витрати на виробництво зерна, але й впливають на кількість і якість сільськогосподарської продукції та загрожують національній продовольчій безпеці.

Водночас слід вжити певних цілеспрямованих заходів для створення та вдосконалення системи застосування хімічних добрив для забезпечення виробництва, економії витрат та підвищення ефективності відповідно до місцевих умов. підвищення ефективності відповідно до місцевих умов [109].

По-перше, необхідно сприяти цілеспрямованому внесенню добрив. Відповідно до ґрунтових умов, потенціалу врожайності та вимог комплексного управління поживними речовинами для зменшення сліпого внесення добрив у різних регіонах слід обґрунтовано формулювати норму внесення добрив на одиницю посівної площі, щоб зменшити кількість сліпих добрив.

По-друге, слід приділяти більше уваги коригуванню структури використання хімічних добрив. Оптимізуючи співвідношення азотних, фосфорних і калійних добрив, можна досягти розумного поєднання основних елементів із середніми і мікроелементів. Тим часом існує нагальна потреба керувати оптимізацією та модернізацією добрив, щоб задовольнити потреби сучасного сільського господарства.

По-третє, метод внесення добрив потребує вдосконалення. Слід популяризувати технологію тестування ґрунту та внесення добрив за формулою, щоб покращити навички фермерів щодо наукового внесення добрив. Уряд також повинен просувати відповідне обладнання для внесення добрив та сприяти зміні методів внесення добрив від поверхневого внесення та розкидання до механічного глибокого внесення, інтеграції води та добрив і позакореневого обприскування.

По-четверте, хімічні добрива слід замінити органічними. Завдяки раціональному використанню органічних поживних ресурсів, органічні добрива використовуються для заміни частини хімічних добрив, реалізуючи раціональне поєднання органічних і неорганічних добрив. Крім того, необхідно створити та вдосконалити певні гарантійні механізми для забезпечення виконання зазначених заходів щодо зменшення кількості та підвищення ефективності використання хімічних добрив, включаючи робочий механізм висхідного і низхідного зв'язку та багатостороннього співробітництва, національну мережу моніторингу ефективності використання добрив, інформування та навчання нових суб'єктів господарювання, а також підтримуючу політику у сфері фінансів та оподаткування.

Процес виробництва хімічних добрив є важливим джерелом вуглецю, а застосування хімічних добрив також призводить до утворення великої кількості вуглекислого газу [110, 111]. Тому наукова дискусія про взаємозв'язок між виробництвом і застосуванням хімічних добрив і викидами вуглецю та його внутрішній механізм має велике значення для досягнення мети скорочення викидів вуглецю.

Наразі в Україні вирішення проблем захисту навколишнього середовища покладено на спеціальні національні і міжнародні органи управління і контролю, що здійснюють екологічну експертизу території на якій проводиться виробництво сільськогосподарської продукції.

Основними завданнями екологічної експертизи є:

- 1) визначення ступеня екологічного ризику і безпеки запланованої чи здійснюваної діяльності;
- 2) організація комплексної, науково обгрунтованої оцінки об'єктів екологічної експертизи;
- 3) встановлення відповідності об'єктів експертизи вимогам екологічного законодавства;

- 4) оцінка впливу діяльності об'єктів екологічної експертизи на стан навколишнього природного середовища, і якість природних ресурсів;
- 5) оцінка ефективності, повноти, обґрунтованості та достатності заходів щодо охорони навколишнього природного середовища;
- 6) підготовка об'єктивних, всебічно обґрунтованих висновків екологічної експертизи.

Екологічна експертиза технологій вирощування гороху в ДП ДГ „Степне” показала, що необхідна розробка прийомів обмеження та раціонального і більш безпечного використання мінеральних добрив. До таких прийомів належать:

- розробка гігієнічних нормативів, санітарних норм і правил;
- екологічна оцінка регламентів застосування пестицидів і мінеральних добрив;
- застосування добрив лише в збалансованих поєднаннях;
- удосконалення технології внесення мінеральних добрив, шляхом зменшення нерівномірності розсіювання добрив;
- для зменшення забруднення місцевих річок поверхневими стоками з полів пропонується скорочення строків зберігання добрив на полях, спорудження спеціальних майданчиків для тимчасового зберігання мінеральних добрив в польових умовах, заборона внесення добрив по сніговому покриву, створення лісосмуг, що затримують поверхневий стік з полів;
- суворе дотримання правил транспортування і зберігання пестицидів та їх утилізації в разі закінчення терміну зберігання;
- для зменшення втрати мінеральних добрив - забезпечення належних умови їх зберігання у відповідних приміщеннях.

РОЗДІЛ 6

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Мінеральні добрива, регулятори росту рослин, пестициди, знешкоджувальні та інші хімічні речовини широко увійшли в практику рослинництва. Вони забезпечують отримання та збереження високих урожаїв. Проте, всі ці речовини в тій чи іншій мірі небезпечні для людського здоров'я та навколишнього середовища. Необережне їх використання може завдати величезної, часто непоправної шкоди не лише працюючим з ними особам, але й іншим людям, тваринному й рослинному світу, ґрунту, атмосфері.

Вимоги до виробництва, транспортування, торгівлі, зберігання, застосування, утилізації, знищення та знешкодження пестицидів і агрохімікатів встановлені Законом України «Про пестициди і агрохімікати» від 02.03.1995 року №86/95-ВР.

Відповідно до “Типового положення про службу охорони праці” і Закону України “Про охорону праці” (ст. 15) відповідальність за організацію та стан охорони праці в ДПДГ «Степне» Полтавського району, Полтавської області несе директор господарства. У своїй діяльності по охороні праці він керується законодавчими і нормативними актами, наказами і розпорядженнями вищих органів, типовими правилами пожежної безпеки.

Відповідальним за охорону праці на даному підприємстві є інженер з охорони праці. Керівники і спеціалісти господарства несуть відповідальність за стан охорони праці в межах своїх підрозділів і галузей.

Усі роботи, пов'язані з використанням агрохімікатів, до яких безпосередньо належать мінеральні добрива необхідно виконувати під керівництвом спеціаліста із охорони праці. Відповідальність за охорону праці покладають на керівників господарств.

Щороку перед початком робіт усі задіяні у них працівники, повинні пройти навчання та інструктаж з питань охорони праці та обов'язковий медичний огляд.

Основні шляхи профілактики отруєнь пестицидами і мінеральними добривами:

- дотримання норм, правил та інструкцій з охорони праці під час роботи з ними;
- застосування засобів колективного та індивідуального захисту працюючих; суворе дотримання кратності обробок посівів і норм витрат хімічних препаратів;
- проведення хімічних обробок на достатній відстані від населених пунктів, скотарень, водойм при дозволених швидкостях вітру;
- витримування термінів останньої обробки рослин до збору врожаю; застосування лише вивчених, дозволених препаратів. Добрі результати щодо поліпшення умов праці дає застосування пестицидів (навіть високотоксичних) у формі гранул.

Особи, діяльність яких пов'язана з транспортуванням, зберіганням, застосуванням пестицидів і агрохімікатів та торгівлею ними, повинні мати допуск (посвідчення) на право роботи з ними. До роботи з пестицидами і мінеральними добривами допускаються особи, які не мають медичних протипоказань і пройшли медичні огляди (при прийнятті на роботу та періодичні - у процесі роботи).

Не допускаються до таких робіт особи:

- віком молодше 18 років;
- вагітні й жінки годувальниці;
- особи з різними хронічними захворюваннями, які мають медичні протипоказання.

Проведення робіт із мінеральними добривами має бути максимально механізованим.

Кожен працівник повинен мати комплект спецодягу, спецвзуття та засобів індивідуального захисту (протигази, респіратор із змінними патронами, захисні окуляри, рукавички тощо) на весь період робіт.

Вибір засобів індивідуального захисту потрібно здійснювати з урахування властивостей пестицидів і мінеральних добрив, умов праці та особистих даних працівника. Захисні засоби необхідно зберігати в спеціально відведених приміщеннях в окремих персональних шафах.

Працівники повинні суворо дотримуватись вимог безпеки під час таких операцій:

- зберігання і видача мінеральних добрив;
- навантажувально-розвантажувальні роботи і транспортування мінеральних добрив до місця внесення;
- проведення операцій внесення мінеральних добрив;

Керівник робіт повинен:

1. ознайомити працівників з характеристикою агрохімікатів, особливостями їх впливу на організм людини і навколишнє середовище, заходами безпеки, правилами охорони та гігієни праці;
2. провести інструктаж з охорони праці;
3. ознайомити працівників з правилами надання домедичної допомоги;

Усі роботи з пестицидами й мінеральними добривами повинні бути максимально механізовані. Виконувати їх необхідно із застосуванням засобів індивідуального захисту, ряд робіт виконують у протигазах або респіраторях. Пестициди й мінеральні добрива зберігають в окремих будівлях. Спільно з ними не можна зберігати хімічні консерванти кормів, кормові добавки, фарби, лаки, харчові продукти та інше.

ВИСНОВКИ

1. Комплексне застосування біопрепарату на основі азотфіксуючих бактерій і мікроелементу Мо у допосівній обробці насіння та його поєднання із мінеральним і сидеральним удобренням виявило позитивний вплив на інтенсивність наростання надземної частини рослин, про що свідчить збільшення параметрів їх висоти і маси. У цьому відношенні найбільш ефективним виявилось поєднання допосівної обробки насіння комплексом азотфіксуючі бактерії + Мо із внесенням сидеральних добрив і $P_{30}K_{30}$.

2. Величина листкової поверхні посівів, продуктивність її фотосинтетичної діяльності визначалися впливом досліджуваних факторів та їх взаємодією. Найвищі їх параметри були забезпечені у варіанті поєднання допосівної обробки насіння комплексом азотфіксуючі бактерії + Мо із внесенням сидеральних добрив і $P_{30}K_{30}$.

3. Формування розвиненої у достатній мірі фотосинтезуючої поверхні, у свою чергу визначило кількість створених і переміщених до плодів, органічних сполук та величину елементів структури врожаю. Їх значення були найбільшими у варіанті поєднання допосівної обробки насіння комплексом азотфіксуючі бактерії + Мо із внесенням сидеральних добрив і $P_{30}K_{30}$.

4. Поєднання допосівної обробки насіння комплексом азотфіксуючі бактерії + Мо із внесенням сидеральних добрив і $P_{30}K_{30}$ забезпечило отримання 2,90 т/га насіння сої.

5. За оцінкою економічної ефективності найбільш доцільним виявилось поєднання застосування допосівної обробки насіння комплексом азотфіксуючі бактерії + Мо із внесенням сидеральних добрив. У даному варіанті урожайність насіння сої становила 2,68 т/га. Однак, за рахунок значного зменшення витрат на придбання і внесення мінеральних добрив, рівень рентабельності виробництва насіння сої становив 91,12 %.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

Для покращання умов росту і розвитку рослин, формування їх симбіотичного апарату, наростання листкової поверхні посівів, і відповідного підвищення урожайності насіння сої найбільш доцільним та економічно виправданим є поєднання застосування допосівної обробки насіння комплексом азотфіксуючі бактерії + Мо із внесенням сидеральних добрив.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Yadav S.S., Hunter D., Redden B., Nang M., Yadava D.K., Habibi A.B. Impact of climate change on agriculture production, food, and nutritional security. In: Redden R., Yadav S.S., Macted N., Dulloo M.S., Guarino L., Smith P., editors. *Crop Wild Relatives and Climate Change*. New Jersey, USA: Wiley; 2015. 1–23.
2. Board J.E. A comprehensive survey of international soybean research genetics, physiology, agronomy and nitrogen relationships. J.E. InTech. 2013. 31–47.
3. Rana M., Lahoty P., Sharma N. Effect of PSB, rhizobium and phosphorus levels on growth parameters and benefit cost ratio of soybean (*Glycine max* (L.) Merr.). *J. Ind. Pollut. Control* 2014. 30. 263–266.
4. Jordan D.C. Transfer of *Rhizobium japonicum* Buchanan to *Bradyrhizobium* gen. nov., a genus of slow-growing, root nodule bacteria from leguminous plants. *Int. J. Syst. Bacteriol.* 1982. 32. 136–139.
5. López-López A., Rosenblueth M., Martínez J., Martínez R.E. Rhizobial symbioses in tropical legumes and non-legumes. In: Dion P, editor. *Soil Biology and Agriculture in the Tropics*. Soil Biology. Vol. 21. Berlin, Heidelberg, Germany: Springer; 2010. 163–184. DOI: 10.1007/978-3-642-05076-3_8
6. USDA NASS. United States and all state data–crops. 2017. Available on: <http://www.nass.usda.gov/QuickStats>
7. Siamabele B. The significance of soybean production in the face of changing climates in Africa. *Cogent Food and Agriculture*. 2021. 7(1). 1933745. DOI: 10.1080/23311932.2021.1933745
8. Liu K.S. Chemistry and nutritional value of soybean components. In: *Soybean: Chemistry, Technology, and Utilization*. New York: Chapman & Hall, USA. 1997. 25–113.

9. Wolke R.L. Where there's smoke, there's a fryer. Washington D.C, USA: The Washington Post, 2007.
10. Fournier D.B., Erdman J.W., Gordon G.B. Soy, its components, and cancer prevention: A review of the in vitro, animal, and human data. *Cancer Epidemiology, Biomarkers and Prevention*. 1998. 7(11).1055–1065.
11. Pagano M.C., Miransari M. The importance of soybean production worldwide. In: Miransari M, editor. *Abiotic and Biotic Stresses in Soybean Production: Volume 1*. Cambridge, Massachusetts, USA: soybean production. Academic Press; 2016. 1–26. DOI: 10.1016/ B978-0-12-801536-0.00001-3
12. Fournier D.B., Erdman J.W., Gordon G.B. Soy, its components, and cancer prevention: A review of the in vitro, animal, and human data. *Cancer Epidemiology, Biomarkers and Prevention*. 1998. 7(11). 1055–1065.
13. Pagano M.C., Miransari M. The importance of soybean production worldwide. In: Miransari M, editor. *Abiotic and Biotic Stresses in Soybean Production: Volume 1*. Cambridge, Massachusetts, USA: soybean production. Academic Press; 2016. 1–26. DOI: 10.1016/ B978-0-12-801536-0.00001-3
14. Sun C.L., Yuan J.M., Arakawa K., Low S.H., Lee H.P., Yu M.C. Dietary soy and increased risk of bladder cancer: The Singapore Chinese health study. *Cancer Epidemiological Biomarkers Preview*. 200. 11(12).1674–1677.
15. Kim S.J., Jung K.O., Park K.Y. Inhibitory effect of Kochujang extracts on chemically induced mutagenesis. *Journal of Food Science and Nutrition*. 1999. 4. 38–42
16. Welty F.K., Lee K.S., Lew N.S., Zhou J.R. Effect of soy nuts on blood pressure and lipid levels in hypertensive, prehypertensive, and normotensive postmenopausal women. *Archives of Internal Medicine*. 2007. 167. 1060–1067
17. Betebo B., Ejajo T., Alemseged F., Massa D. Household food insecurity and its association with nutritional status of children 6-59 months of age in east Badawacho District, South Ethiopia. *Journal of Environmental and Public Health*. 2017. 6373595. DOI: 10.1155/2017/6373595

18. Pagano M.C., Miransari M. The importance of soybean production worldwide. In: Miransari M, editor. *Abiotic and Biotic Stresses in Soybean Production: Volume 1*. Cambridge, Massachusetts, USA: soybean production. Academic Press; 2016. 1–26. DOI: 10.1016/ B978-0-12-801536-0.00001-3
19. Liu K.S. Chemistry and nutritional value of soybean components. In: *Soybean: Chemistry, Technology, and Utilization*. New York: Chapman & Hall, USA; 1997. pp. 25–113.
20. Oil World. *Oil World Annual 2015*. Hamburg, Germany: ISTA Mielke GmbH; 2015.
21. Cromwell G.L. Soybean meal - the "gold standard". *The Farmer's Pride*, KPPA News. 10 Nov 1999. 11(20).
22. Ajinomoto Heartland Lysine LLC Revision 7. True digestibility of essential amino acids in poultry. Available on: <http://www.lysine.com/new/Technical%20Reports/Poultry/PoultryDigTableV7.pdf>
23. Woodworth J.C., Tokach M.D., Goodband R.D., Nelssen J.L., O'Quinn P.R., Knabe D.A. Apparent ileal digestibility of amino acids and digestible and metabolisable energy content of dry extruded-expelled soybean meal and its effect on growth performance of pigs. *Journal of Animal Science*. 2001. 79. 1280–1287.
24. Kerley M.S., Allee G.L. Modifications in soybean seed composition to enhance animal feed use and value: Moving from dietary ingredient to a functional dietary component. *AgBioforum*. 2003. 6(1&2). 14–17.
25. Chianu J.N., Ohiokpehai O., Vanlauwe B., Adesina A., De Groote H., Sanginga N. Promoting a versatile but yet minor crop: Soybean in the farming Systems of Kenya. *Journal of Sustainable Development in Africa*. 2009. 10(4). 324–344.
26. Postgate J.R. *The fundamentals of nitrogen fixation*. New York, USA: Cambridge University Press, 1982.

27. Ciampitti I.A., Salvagiotti F. New insights into soybean biological nitrogen fixation. *Agronomy Journal*. 2018. 110(4). 1185–1196. DOI: 10.2134/agronj2017.06.0348
28. Santachiara G., Borrás L., Salvagiotti F., Gerde J.A., Rotundo J.L. Relative importance of biological nitrogen fixation and mineral uptake in high yielding soybean cultivars. *Plant and Soil*. 2017. 418(1-2). 191. DOI: 10.1007/s11104-017-3279-9
29. Salvagiotti F., Cassman K.G., Specht J.E., Walters D.T., Weiss A., Dobermann A. Nitrogen uptake, fixation and response to fertilizer N in soybeans: A review. *Field Crops Research*. 2008. 108. 1-13. DOI: 10.1016/j.fcr.2008.03.001
30. Hubbell D.H., Kidder G. Biological nitrogen fixation. Florida, USA: University of Florida, Institute of Food and Agricultural Sciences (IFAS) Extension Publication SL16; 2009. 1-4.
31. What is Nutrient Management?-Nutrient Management. [https://www.nutrientmanagement.ca/about/what-is-nutrient -management/](https://www.nutrientmanagement.ca/about/what-is-nutrient-management/).
32. Li S.X., Wang Z.H., Malhi S.S., Li S.Q., Gao Y.J., Tian X. H. “Chapter 7 nutrient and water management effects on crop production, and nutrient and water use efficiency in dryland areas of China,” in *Advances in Agronomy*. Academic Press. Cambridge. MA. USA, 2009.
33. F.A. Hellal, Abdelhamid M.T. Nutrient management practices for enhancing soybean (*Glycine max* L.) production. *Acta Biologica Colombiana*. 2013. 18. 2. 239–250.
34. Fageria N.K., Baligar C., Clark R. B. Micronutrients in crop production. in *Advances in Agronomy*, Academic Press, Cambridge, MA, USA, 2002.
35. Esper Neto M., Lara L.M., Maciel S., de Oliveira A., Nutrient removal by grain in modern soybean varieties. *Frontiers of Plant Science*. 2021. 12. 730.
36. A. Pedrozo N.J., Girelli de Oliveira A., Alberton O. Biological nitrogen fixation and agronomic features of soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) crop under different doses of inoculant. *Acta Agronomica*. 2018. 67(2). 297–302.

37. Ohyama T., Tewari K., Ishikawa S. Role of nitrogen on growth and seed yield of soybean and a new fertilization technique to promote nitrogen fixation and seed yield. 2017.
38. Hungria M., Nogueira M.A., Araujo R.S., Co-inoculation of soybeans and common beans with rhizobia and azospirilla: strategies to improve sustainability. *Biology and Fertility of Soils*. 2013. 49(7). 791–801.
39. Dabesa A., Tana T. “Response of soybean (*Glycine max* L. (Merrill)) to *Bradyrhizobium* inoculation, lime, and phosphorus applications at bako, western Ethiopia,” *International Journal of Agronomy*. 2021.
40. Ohyama T., Fujikake H., Yashima H. Effect of nitrate on nodulation and nitrogen fixation of soybean. *Soybean Physiology and Biochemistry*. 2011. 333–364.
41. Afza R., Hardarson G., Zapata F., Danso S.K.A. Effects of delayed soil and foliar N fertilization on yield and N₂ fixation of soybean. *Plant and Soil*. 1987. 97(3). 361–368.
42. Fujikake H., Yashima H., Sato T., Ohtake N., Sueyoshi K., Ohyama T. Rapid and reversible nitrate inhibition of nodule growth and N₂ fixation activity in soybean (*Glycine max* (L.) Merr.). *Soil Science & Plant Nutrition*. 2002. 48(2). 211–217.
43. Ohyama T., Tewari K., Ishikawa S. Role of nitrogen on growth and seed yield of soybean and a new fertilization technique to promote nitrogen fixation and seed yield. 2017. 415–436.
44. Wu L., Misselbrook T.H., Feng L., Wu L. Assessment of nitrogen uptake and biological nitrogen fixation responses of soybean to nitrogen fertiliser with SPACSYS. *Sustainability (Switzerland)*. 2021. 12(15).
45. Mourtzinis S., Kaur G., Orłowski J.M. Soybean response to nitrogen application across the United States: a synthesis-analysis. *Field Crops Research*. 2018. 215. 74–82.

46. Nyamangara J. Effect of liming and N and P fertilization on the growth of soybean in an acid soil in Zimbabwe. in Proceedings of the 18th World Congress of Soil Science, Philadelphia, PA, USA, July 2006.
47. Adeli A., Sistani K.R., Rowe D.E., Tewolde H. Effects of broiler litter on soybean production and soil nitrogen and phosphorus concentrations. *Agronomy Journal*. 2005. 97(1). 314–321.
48. Chaudhary M.I., Adu-Gyamfi J.J., Saneoka H. Effect of phosphorus deficiency on nutrient uptake, nitrogen fixation and photosynthetic rate in mashbean, mungbean and soybean. *Acta Physiologiae Plantarum*. 2008. 30(4). 537–544.
49. Schulze J., Temple G., Temple S.J., Beschow H., and Vance C.P. Nitrogen fixation by white lupin under phosphorus deficiency. *Annals of Botany*. 2006. 98(4). 731–740.
50. Association I.F.I. World Fertilizer Use Manual, BASF Agricultural Research Station, Limburgerhof, Germany, 1992.
51. Ferguson R.B., Shapiro C.A., Dobermann A.R., and Wortmann C.S. Fertilizer Recommendations for Soybean. 1987. 457.
52. Tiwari S.P., Joshi O.P., Vyas A.K., Billore S.D. Potassium Nutrition in Yield and Quality Improvement of Soybean. 2015. 315.
53. Hoelt R.G., Nafziger E.D., Johnson R.R., Aldrich S.R. Modern corn and soybean production. *Modern Corn and Soybean Production*, MCSP Publisher, Champaign, IL, USA, 2000.
54. Shamsi I.H., Jiang L., Wei K., Jilani G., Hua S., Zhang G.-P. Alleviation of cadmium toxicity IN soybean BY potassium supplementation. *Journal of Plant Nutrition*. 2014. 33(13). 1926–1938.
55. Rana M.S., Bhandana P., Sun X.C., Imran M., Shaaban M. Molybdenum as an Essential Element for Crops: An Overview. 2020. <https://bit.ly/3d7IdQR>
56. Imran M., Hu C., Hussain S., Rana M.S., Riaz M. (2019a) Molybdenum induced effects on photosynthetic efficiency of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) under different nitrogen sources are associated with

- nitrogen assimilation. *Plant Physiology and Biochemistry*. 2019. 141. 154–163. Link: <https://bit.ly/2UJsyBd>
57. Ismael M., Elyamine A., Zhao Y., Moussa M., Rana M. Can selenium and molybdenum restrain cadmium toxicity to pollen grains in *Brassica napus*? *Int J Mol Sci*. 2018. 19. 2163. <https://bit.ly/2N23X6l>
58. Liu P. The research development of molybdenum and boron nutrition in soybean. *China Agricultural Science Bulletin*. 2001. 17. 41–44.
59. Liu P., Wu J.Z., Yang Y.A. The research development of boron in soil and its effect in plant. *Agri-Environmental Protection*. 2000. 19. 119–122.
60. Liu P. Effects of the stress of molybdenum on plants and the interaction between molybdenum and other element. *Agri-Environmental Protection*. 2002. 21. 276–278.
61. Williams R.J.P., Frausto da Silva J.J.R. The involvement of molybdenum in life. *Biochemical and Biophysical Research Communications*. 2002. 292. 293–299. <https://bit.ly/37uBNKs>
62. Mengel K., Kirkby E.A. *Principles of Plant Nutrition* Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. 2001. 480.
63. Fido R.J., Gundry C.S., Hewitt E.J., Notton B.A. Ultrastructural features of molybdenum deficiency and whiptail in cauliflower leaves: effects of nitrogen source and tungsten substitution for molybdenum. *Aust J Plant Physiol*. 1977. 4. 675–689. <https://bit.ly/3efTGiE>
64. Wiedenhoeft A.C. *Plant Nutrition (The Green World)*. By Infobase Publishing. 132 West 31st Street New York NY 10001. 2006.
65. Allen R.M., Roll J.T., Rangaraj P., Shah V.K., Roberts G.P. Incorporation of molybdenum into the iron-molybdenum cofactor of nitrogenase. *J Biol Chem*. 1999. 274. 15869–15874. <https://bit.ly/3hrV9Vb>
66. Bonini C.S.B., Alves M.C. Relation between soil organic matter and physical properties of a degraded Oxisol in recovery with green manure, lime and pasture, Paper presented at the 19th World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World, Brisbane, Australia, 1-6 August, 2010.

67. Kumar R., Mahajan G., Srivastava S., Sinha A. Green manuring: A boon for sustainable agriculture and pest management – a review, *Agri. Review*. 2014. 35(3).196–206.
68. MacRae R.J., Mehuys G.R. The effect of green manuring on the physical properties of temperate area soils, *Adv. Soil Sci.* 1985. 3. 71–94.
69. Pandey D.K., Pandey R., Mishra R.P., Kumar S., Kumar N. Collection of Dhaincha (*Sesbania* spp.) variability in Uttar Pradesh, *Biodiversity and Agriculture (Souvenir)*, Uttar Pradesh Biodiversity Board, Lucknow, 2008, 48–51.
70. Egodawatta W.C.P., Sangakkara U.R., Wijesinghe D.B., Stamp P. Impact of green manure on productivity patterns of home-gardens and fields in a Tropical Dry Climate, *Trop. Agri. Res.* 2011. 22(2).172–182.
71. Adediran J.A., Akande M.O., Oluwatoyinbo F.I. Effect of *Mucuna* intercropped with maize on soil fertility and yield of maize. *Ghana J Agric. Sci.* 2004. 37:15–22.
72. Sharpley A.N., Smith S.J. Mineralization and leaching of phosphorus from soil incubated with surface-applied and incorporated crop residue. *J Environ. Qual.* 1989. 18. 101–105.
73. Carvalho N.S., Oliveira A.B.B., Pessoa M.M.C., Costa Neto V.P., de Sousa R.S., da Cunha J.R. Short-term effect of different green manure on soil chemical and biological properties, *African Journal of Agricultural Research* 2015. 10. 4076–4081.
74. Lopes M.M., Salviano A.A.C., Araujo A.S.F., Nunes L.A.P..L, Oliveira M.E. Changes in soil microbial biomass and activity in different Brazilian pastures, *Spanish J. Agric. Res.* 2010. 8. 1253–1259.
75. Schutter M., Dick R. Shifts in substrate utilization potential and structure of soil microbial communities in response to carbon substrates. *Soil Biol. Biochem.* 2001. 33(11).1481–1491.
76. Singh Y., Singh S., Khind C.S. Nutrient transformations in soils amended with green manures. *Adv. Soil Sci.* 1992. 20. 237–309.

77. Burns R.G., DeForest J.L., Marxsen J., Sinsabaugh R.L., Stronberger M.E., Wallenstein M.D. Soil enzymes in a changing environment: current knowledge and future directions. *Soil Biol. Biochem.* 2013. 58. 216–234.
78. Liu G.S., Luo Z.B., Wang Y., Li H.L., Wang G.F., Ma J.M. Effect of green manure application on soil properties and soil microbial biomass in tobacco field, *J Soil Water Conserv.* 2006. 20. 95–98.
79. Sharpley A.N., Smith S.J. Mineralization and leaching of phosphorus from soil incubated with surface-applied and incorporated crop residue. *J Environ. Qual.* 1989. 18. 101–105.
80. Biederbeck V.O., Zentner R.P., Campbell C.A. Soil microbial populations and activities as influenced by legume green fallow in a semiarid climate, *Soil Biol. Biochem.* 2005. 37. 1775–1784.
81. Eriksen J. Gross sulphur mineralization-immobilization turnover in soil amended with plant residues, *Soil Biol. Biochem.* 2005. 37. 2216–2224.
82. Tiessen H., Stewart J.W.B., Oberson A. Innovative soil phosphorus availability indices: Assessing organic phosphorus. In J. L. Havlin and J.S. Jacobsen (ed.) *Soil testing: Prospects for improving nutrient recommendations.* SSSA Spec. Pub. No. 40. SSSA and ASA, Madison, WI. 1994. 143–162.
83. Talgre L., Lauringson E., Roostalu H., Astover A. The effects of green manures on yields and yield quality of spring wheat, *Agronomy Research.* 2009. 7(1).125–132.
84. MacRae R.J., Mehuys G.R. The effect of green manuring on the physical properties of temperate area soils, *Adv. Soil Sci.* 1985. 3. 71–94.
85. Santos V.B., Araujo A.S.F., Leite L.F.C., Nunes L.A.L., Melo W.J. Soil microbial biomass and organic matter fractions during transition from conventional to organic farming systems, *Geoderma.* 2012. 170. 227–231.
86. Kumar R., Mahajan G., Srivastava S., Sinha A. Green manuring: A boon for sustainable agriculture and pest management – a review, *Agri. Review.* 2014. 35(3). 196–206.

87. Anderson J.P.E., Domsch K.H. Ratios of microbial biomass carbon to total organic carbon in arable soils. *Soil Biol. Biochem.* 1989. 21. 471–479.
88. Thibaud M.C., Moret C., Fardeau J.C. Contribution of phosphorus issued from crop residues to plant nutrition, *Soil Sci. Plant Nutr.* 1988. 34. 481–491.
89. Pung H., Aird P.L., Cross S. The use of Brassica green manure crops for soil improvement and soil borne disease management, 3rd Australian Soil borne diseases Symposium, 8-11 February, 2004, 1–2.
90. Astier M., Maass J.M., Etchevers-Barra J.D., Pena J.J., Gonzalez F.L. Short-term green manure and tillage management effects on maize yield and soil quality in an Andisol, *Soil Till. Res.* 2006. 88. 153–159.
91. Bhuiyan N.I., Zaman S.K. In: *Biological Nitrogen Fixation Associated with Rice Production*, (Rahmaned et al.), Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, the Netherlands, 1996, 51–64.
92. Dalal R.C. Mineralization of carbon and phosphorus from carbon-14 and phosphorus-32 labelled plant material added to soil, *Soil Sci. Soc. Am. J.* 1979. 43. 913–916.
93. Blackshaw R.E., Moyer J.R., Doram R.C., Boswell A.L. Yellow sweet clover, green manure, and its residues effectively suppress weeds during fallow. *Weed Sci.* 2001. 49. 406–413.
94. Bumaya A.H., Naylor D.V. Phosphorus sorption and extractability in Andic soil incubated with plant residues of variable P content. *Plant Soil.* 1988. 112. 77–81.
95. Sikora L.J., Stott D.E. Soil organic carbon and nitrogen. In: ‘*Methods for Assessing Soil Quality*’, SSSA Special Publication 49, Soil Science Society of America, 677 S. Segoe Rd, Madison, WI 53711, USA, 1996. 157–167.
96. Swastika, D.K.S., Teknik B. Analisis dalam penelitian dan pengkajian teknologi pertanian. *J. Pengkaj. Dan Pengemb. Teknol. Pertan.* 2004. 7. 90–103.

97. Santosa P., Suryadi A., Subagyo H., Latulung B.V. Dampak teknologi sistem usaha pertanian padi terhadap peningkatan produksi dan pendapatan usahatani di Jawa Timur. *J. Pengkaj. Dan Pengemb. Teknol. Pertan.* 2005. 8. 15–28.
98. Saragih B. Peranan teknologi tepat Guna dalam pembangunan sistem agribisnis kerakyatan dan berkelanjutan; Seminar II Teknologi Tepat Guna: Bandung, Indonesia, 2000.
99. Rogers E.M. *Diffusion of Innovation*, 5th ed.; The Free Press: A Division of Simon & Schuster, Inc. 1230: New York, NY, USA, 2003.
100. Gillespie S. Harris J. Kadiyala S. The agriculture-nutrition disconnect in India: What do we know? *Gates Open Res.* 2019, 3, 1115.
101. Johnston B.F. Mellor J.W. The role of agriculture in economic development. *Am. Econ. Rev.* 1961, 4, 566–593.
102. Zhang W., Shen Z., Shao Y., Shi L., Liu S., Shi N., Fu L. Soil biota and sustainable agriculture: A review. *Acta Ecol. Sin.* 2020. 10. 3183–3206.
103. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). *The Future of Food and Agriculture: Trends and Challenges*; FAO: Rome, Italy, 2017.
104. Wu H., Hao H., Lei H., Ge Y., Shi H., Song Y. Farm size, risk aversion and overuse of fertilizer: The heterogeneity of large-scale and small-scale wheat farmers in Northern China. *Land* 2021. 2. 111. <https://doi.org/10.3390/land10020111>
105. Sun Y., Hu R., Zhang C. Does the adoption of complex fertilizers contribute to fertilizer overuse? Evidence from rice production in China. *J. Clean. Prod.* 2019. 219. 677–685. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.02.118>
106. Xu L., Zhou Z., Du J. An evolutionary game model for the multi-agent Co-governance of agricultural non-point source pollution control under intensive management pattern in China. *Int. J. Environ. Res. Public Health.* 2020. 7. 2472. <https://doi.org/10.3390/ijerph17072472>

107. Huang S., Tang J., Li C., Zhang H., Yuan S. Reducing potential of chemical fertilizers and scientific fertilization countermeasure in vegetable production in China. *J. Plant Nutr. Fertil.* 2017. 6. 1480–1493.
108. Huang J., Rozelle S., Zhu X., Zhao S., Sheng Y. Agricultural and rural development in China during the past four decades: An introduction. *Aust. J. Agric. Resour. Econ.* 2020. 1. 1–13. <https://doi.org/10.1111/1467-8489.12352>
109. Herrero M., Thornton P.K., Notenbaert A.M., Wood S., Msangi S., Freeman, H.A., Bossio D., Dixo J., Peters M., van de Steeg J. Smart investments in sustainable food production: Revisiting mixed crop-livestock systems. *Science*. 2010. 5967. 822–825. <https://doi.org/10.1126/science.1183725>
110. Rastogi M., Singh S., Pathak H. Emission of carbon dioxide from soil. *Curr. Sci.* 2002. 5. 510–517.
111. Liu H., Li J., Li X., Zheng Y., Feng S., Jiang G. Mitigating greenhouse gas emissions through replacement of chemical fertilizer with organic manure in a temperate farmland. *Sci. Bull.* 2015. 6. 598–606. <https://doi.org/10.1007/s11434-014-0679-6>
112. Гандзюк М.П., Желібо Е.П., Халімовський М.О. Основи охорони праці. Київ: Каравела, 2008. 34-41.
113. Жидецький В.Ц. Основи охорони праці. Львів: Афіша, 2002. 40 - 52.
114. Ссипенко А. Розроблення переліку профілактичних заходів щодо поліпшення стану безпеки, гігієни праці та виробничого середовища. На допомогу спеціалісту з охорони праці. 2012. 36 – 40.

ДОДАТКИ

УДК 631.5:633.358

ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ СОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД ПОЖИВНОГО РЕЖИМУ РОСЛИН

Єремко Л.С., кандидат с.-г. наук, ст. н. с., доцент кафедри
рослинництва

e-mail: liudmyla.yeremko@pdau.edu.ua

Скочко В.В., Бостанджи М., Селіванов С.В., Окара Д.О. СВО
Магістр за спеціальністю 201 – Агрономія

Полтавський державний аграрний університет

Актуальність теми. Соя (*Glycine max* L. (Merr.)) є однією з найважливіших зернобобових культур, що належить до родини бобових. Це одна з найдавніших культур, яку вирощують з 1700 року до нашої ери. Світові посівні площі сої становлять 127,60 млн. га, а щорічні валові збори сягають 364,07 млн. тонн. Харчова цінність насіння сої вважається найвищою, за рахунок вмісту білку (37%-48%) та олії (16%-21%) [1]. Крім того, його складовими частинами також є вітаміни, зольні елементи та корисні сполуки, такі як ізофлавіони, споживання яких надає численні переваги для здоров'я, включаючи захист від вікових, серцево-судинних захворювань, остеопорозу та раку. Соя також використовується у виробництві рослинної олії і комбікорму, для приготування продуктів і напоїв [2]. До факторів, що визначають умови формування продуктивності сої належать розумний вибір сорту, належна агрономічна практика та стратегічне вирішення проблем, пов'язаних з обмеженнями врожайності, серед яких забезпеченість рослин елементами мінерального живлення відіграє вирішальну роль [3, 4].

Мета роботи - визначення впливу біопрепарату на основі азотфіксуючих бактерій *Bradyrhizobium japonicum* та його поєднання із застосуванням сидеральних добрив і мікроелементів на процеси росту і розвитку рослин, їх нодуляційну здатність та величину урожайності насіння сої.

Матеріали та методи досліджень. Польові дослідження проводили в умовах дослідного поля ДП «ДГ «Степне» Інституту свинарства і АПВ НААН» Полтавського району Полтавської області впродовж 2023–2024 рр.

У ролі основних факторів досліду виступали: поживний режим (вика, як сидеральне добриво, вика+S вика+B, вика+S+B) (Фактор А), інокуляції насіння мікробіологічним препаратом на основі азотфіксуючих бульбочкових бактерій *Bradyrhizobium japonicum* (ХіСтікСоя) (Фактор В).

Результати досліджень показали позитивний вплив факторів дослідження на ріст, розвиток рослин сої, формування листкової поверхні посівів та тривалості і продуктивності її функціонування і накопичення

органічної біомаси рослинами, що у комплексі мало істотний вплив на величину елементів структури врожаю.

Так внесення сидеральних добрив сприяло збільшенню кількості бобів, сформованих на рослинах, насінин у них, маси 1000 насінин порівняно з контрольним варіантом на 0,8 шт., 0,2 шт., і 14,6 г відповідно. У варіанті поєднання внесення сидерального добрива і позакореневого підживлення рослин сіркою кількість бобів, сформованих на рослинах, насінин у них, маси 1000 насінин збільшувалася порівняно з контрольним варіантом на 1,4 шт., 0,2 шт., і 16,4 г відповідно. Комплексне застосування S+B на фоні внесення сидерального добрива забезпечило збільшення значень даних показників на 31,5 %, 15,0 %, і 16,8 %, відповідно, щодо контролю. У варіанті із проведенням інокуляції насіння величини кількості бобів, сформованих на рослинах, насінин у них, маси 1000 насінин перевищували контрольний варіант на 6,74 %, 10,0 % і 4,02 % відповідно. Разом з тим, результати досліджень показали, що найбільш сприятливі умови для формування структурних елементів врожаю були у варіантах комплексного поєднання біопрепарату, сидеральних добрив і мікроелементів, причому поєднання (S+B) виявилось більш ефективним. У цьому варіанті величини кількості бобів, сформованих на рослинах, насінин у них, маси 1000 насінин були найбільшими. Величини елементів індивідуальної продуктивності рослин обумовили зростання показника урожайності насіння. Найбільший стимулюючий вплив на даний процес був зафіксований у варіантах комплексного поєднання біопрепарату, сидерального добрива і мікроелементів (S+B). Величина урожайності насіння у середньому за роки проведення дослідження у даному варіанті була найвищою по досліді (2,83 т/га). Прибавка урожайності насіння сої щодо контролю від внесення сидерального добрива була на рівні 1,78 %, а його поєднання із застосуванням мікроелементів S і S+B забезпечило підвищення урожайності до 2,35 т/га і 2,45 т/га відповідно. У варіанті із проведенням інокуляції насіння величина урожайності насіння перевищувала контрольний варіант на 3,57 %. У варіанті поєднання інокуляції насіння і внесення сидеральних добрив значення даного показника збільшувалися до 2,39 т/га.

Бібліографічний список

1. Hanhur, V., Marenych, M., Yeremko, L., Yurchenko, S., Hordieieva, O. & Korotkova, I. The effect of soil tillage on symbiotic activity of soybean crops. *Bulg. J. Agric. Sci.* 2020. 26 (2). 365–374. DOI: www.agrojournal.org/26/02-13
2. Єремко Л.С., Гангур В.В., Особливості формування індивідуальної продуктивності рослин сої (*Glycine hispida* Moench.) за різної забезпеченості елементами мінерального живлення. *Вісник ПДАУ.* 2022. 40-46. DOI: 10.31210/visnyk2022.03.05
3. Yeremko L., Hanhur V. The effect of mineral fertilization and seed inoculation on seed yield of soybean. *Хімія, біотехнологія, екологія та освіта: Збірник матеріалів VIII Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції* (м. Полтава, 17-18 травня 2024 року). Полтава, 2024. 181.
4. Єремко Л.С., Колісник Ю.В., Василець Я.В. Вплив системи удобрення на формування продуктивності сої. *Актуальні напрямки та проблеми у технологіях вирощування продукції рослинництва: матеріали XI науково-практичної інтернет-конференції* (25 листопада 2021 року, м. Полтава). ПДАУ, 2021. С. 127-130.

АНОТАЦІЯ

Бостанджи М. Вплив різної забезпеченості елементами мінерального живлення на формування продуктивності сої (*Glycine max* Moench)

Дипломна робота на здобуття СВО Магістр.

Кваліфікація: магістр з агрономії за освітньо-професійною програмою Насінництво і насіннезнавство

Обсяг магістерської роботи: 70 с., 7 табл., 5 рис., 2 додатки, 114 літературних джерел.

Об'єкт досліджень: ріст і розвиток рослин, динаміка формування листової поверхні, наростання свіжої і сухої маси рослин, формування симбіотичного апарату, величина елементів продуктивності рослин та урожайність насіння сої залежно від застосування біопрепарату на основі азотфіксуючих бактерій, мікродобрива Мо, сидеральних добрив та їх поєднання із мінеральним удобренням.

Мета роботи: визначення впливу біопрепарату на основі азотфіксуючих бактерій, мікродобрива Мо, сидеральних добрив та їх поєднання із мінеральним удобренням на процеси росту і розвитку рослин, їх нодуляційну здатність та величину урожайності насіння сої.

Результати та їх новизна: Уперше в умовах недостатнього зволоження Лівобережного Лісостепу України науково обґрунтовано застосування біопрепарату на основі азотфіксуючих бактерій і мікроелементу Мо у допосівній обробці насіння та його поєднання із мінеральним і сидеральним удобренням як спосіб зменшення дози внесення мінеральних добрив, покращання умов формування кореневої системи, бобово-ризобіального симбіозу і підвищення рівня урожайності насіння сої.

Основні наукові та практичні результати: Вивчено вплив біопрепарату на основі азотфіксуючих бактерій, мікродобрива Мо, сидеральних добрив та їх поєднання із мінеральним удобренням на ріст і розвиток рослин, формування листової поверхні та симбіотичного апарату, інтенсивність накопичення надземної органічної біомаси, величину елементів продуктивності рослин, урожайність насіння сої.

Удосконалено поживний режим рослин сої за рахунок застосування біопрепарату на основі азотфіксуючих бактерій, мікродобрива Мо, сидеральних добрив та їх поєднання із мінеральним удобренням.

Галузь застосування: 20 Аграрні науки та продовольство.

Значення роботи та висновки: Для покращання умов росту і розвитку рослин, формування їх симбіотичного апарату, наростання листової поверхні посівів, і відповідного підвищення урожайності насіння сої найбільш доцільним та економічно виправданим є поєднання застосування допосівної обробки насіння комплексом азотфіксуючі бактерії + Мо із внесенням сидеральних добрив.

Перелік ключових слів: соя, урожайність насіння, мікродобриво Мо, сидеральні добрива, мінеральні добрива, біопрепарат, азотфіксація.