

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

Кафедра рослинництва

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

**«ВИВЧЕННЯ ВПЛИВУ МІНЕРАЛЬНОГО
УДОБРЕННЯ І ЗАСТОСУВАННЯ БІОПРЕПАРАТУ НА
ОСНОВІ АЗОТФІКСУЮЧИХ БАКТЕРІЙ *RHIZOBIUM
LEGUMINOSARUM* НА ФОРМУВАННЯ
ПРОДУКТИВНОСТІ ГОРОХУ»**

Виконав: здобувач вищої освіти
за ОПП Еколого-економічне рослинництво
спеціальності 201 Агрономія
Ступеня вищої освіти магістр
Денної форми навчання
Довгаль Юрій Володимирович

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

Рецензент: Оксана ЛАСЛО, канд. с.-г. наук, доцент

Полтава – 2024 року

ЗМІСТ

ст.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ	5
РОЗДІЛ 1. РОЛЬ БІОПРЕПАРАТІВ ТА ЕЛЕМЕНТІВ МІНЕРАЛЬНОГО ЖИВЛЕННЯ У ФОРМУВАННІ ПРОДУКТИВНОСТІ ГОРОХУ	
1.1. Властивості гороху, його значення і використання.....	9
1.2. Роль елементів мінерального живлення у процесі формування продуктивності гороху.....	13
1.3. Роль біопрепаратів у процесі формування продуктивності гороху.....	19
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 ТА БІОПРЕПАРАТУ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ ГОРОХУ	
3.1. Вплив мінерального удобрення та біопрепарату на висоту рослин гороху	25
3.2. Вплив мінерального удобрення та біопрепарату на динаміку розвитку листкової поверхні посівів гороху.....	27
3.3. Вплив мінерального удобрення та біопрепарату на тривалість і продуктивність фотосинтетичної діяльності листкової поверхні посівів гороху.....	30
3.4. Вплив мінерального удобрення та біопрепарату на величину симбіотичного апарату рослин гороху.....	34
3.5. Вплив мінерального удобрення та біопрепарату на індивідуальну продуктивність рослин і урожайність посівів гороху.....	36
РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРІВ ТА БІОПРЕПАРАТУ У ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ГОРОХУ	39
РОЗДІЛ 5. ЕКОЛОГІЧНА ЕКСПЕРТИЗА	42
РОЗДІЛ 6. ОХОРОНА ПРАЦІ	47
ВИСНОВКИ	49
РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ	50
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	51

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

У вирішенні проблеми продовольчої безпеки в умовах зростання чисельності населення та підвищення попиту на якісні продукти харчування важливу роль відіграє розширення посівних площ зернобобових культур, як основного джерела білка та макро- і мікроелементів. Незважаючи на те, що білки тваринного походження мають вищий коефіцієнт засвоюваності, споживання рослинних білків відіграє важливу роль у зменшенні прояву патологічних станів організму людини, таких як серцево-судинні захворювання, діабет та порушення ліпідного обміну.

Серед зернобобових культур горох має досить широке використання в раціоні харчування людей по всьому світу за рахунок високого вмісту у насінні білків, вуглеводів, вітамінів, мінеральних елементів і незамінних амінокислот лізину та триптофану. Його вирощування підтримує родючість ґрунту завдяки біологічній фіксації азоту повітря в асоціації з симбіотичними азотфіксуючими бактеріями *Rhizobium leguminosarum*, що функціонують у корневих бульбочках, і, таким чином, відіграє життєво важливу роль у сприянні сталому сільському господарству. Окрім задоволення власних потреб в азоті, горох, як відомо, залишає після себе в ґрунті близько N₅₀₋₆₀.

Актуальність теми. Використання добрив вважається одним з найбільш значущих факторів у підвищенні врожайності сільськогосподарських культур, однак надмірне використання хімічних добрив не тільки забруднює навколишнє середовище, але й знижує мікробіологічну активність та вміст органічної речовини в ґрунті. Разом з тим їх висока вартість не може зробити сільськогосподарську продукцію економічно вигідною та прибутковою. З іншого боку, біодобрива є економічно ефективним і поновлюваним джерелом поживних речовин для рослин, що може доповнити частину внесення хімічних добрив. Відомо, що біодобрива відіграють важливу роль у підвищенні доступності азоту та фосфору, а також покращують біологічну фіксацію

атмосферного азоту. Тому їх застосування може допомогти посилити азотфіксацію і тим самим підвищити продуктивність гороху.

Важливим елементом, який відіграє важливу роль у розвитку кореневої системи, процесах нодуляції та асоціації азоту є бор. Разом з тим відмічена його ключова роль у процесі проростання пилку та заплідненні і формуванні плодів. Вчені зазначають, що найкращим способом забезпечення рослин бором є внесення його в ґрунт, але існує практика застосування позакореневого обприскування посівів даним мікроелементом, що значно зменшує абортівність плодів.

Мета і задачі досліджень. Мета досліджень - визначення впливу різних доз мінеральних добрив, застосування мікродобрива В та біопрепарату на основі азотфіксуючих бактерій *Rhizobium leguminosarum* на процеси росту і розвитку рослин, їх нодуляційну здатність та величину зернової продуктивності посівів гороху.

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

1. вивчити особливості росту і розвитку рослин гороху залежно від застосування біопрепарату на основі азотфіксуючих мікроорганізмів на різних фонах мінерального удобрення;
2. визначити інтенсивність наростання надземної маси та листкової поверхні залежно від застосування біопрепарату на основі азотфіксуючих мікроорганізмів на різних фонах мінерального удобрення;
3. визначити вплив різних рівнів мінерального удобрення та застосування біопрепарату на основі азотфіксуючих бактерій на динаміку формування симбіотичного апарату рослин гороху;
4. визначити вплив різних рівнів мінерального удобрення та застосування біопрепарату на основі азотфіксуючих бактерій на продуктивність фотосинтетичної роботи посівів гороху;

5. визначити вплив різних рівнів мінерального удобрення та застосування біопрепарату на основі азотфіксуючих бактерій на величину індивідуальної продуктивності та урожайність зерна посівів гороху.

6. визначити рівень економічної доцільності впровадження досліджуваних агроприймів у процесі виробництва зерна гороху.

Об'єкт досліджень – ріст і розвиток рослин, динаміка формування листкової поверхні, наростання сухої маси рослин, динаміка формування симбіотичного апарату, величина елементів продуктивності рослин та урожайність зерна посівів гороху залежно від застосування біологічного препарату на основі азотфіксуючих мікроорганізмів та внесення різних доз мінеральних добрив.

Предмет досліджень – сорт гороху Отаман, урожай насіння, біологічний препарат, мінеральні добрива.

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

Наукова новизна одержаних результатів проведеного дослідження полягає у науковому обґрунтуванні поєднання застосування біологічного препарату на основі азотфіксуючих бактерій *Rhizobium leguminosarum*, позакореневого підживлення рослин у фазу гілкування бором та внесення мінеральних добрив із меншою дозою азоту, як більш екологічно доцільного агроприйому.

Вивчено вплив біопрепарату на основі азотфіксуючих бактерій та внесення різних доз мінеральних добрив на процеси розвитку рослин гороху, формування листкової поверхні та симбіотичного апарату, інтенсивність

накопичення надземної органічної біомаси, індивідуальну продуктивність рослин, урожайність насіння.

Удосконалено поживний режим рослин гороху за рахунок оптимізації мінерального удобрення та застосування біологічного препарату на основі азотфіксуючих бактерій *Rhizobium leguminosarum*.

Практичне значення одержаних результатів. Для покращання умов росту і розвитку рослин, формування їх симбіотичного апарату, наростання листової поверхні посівів, і відповідного підвищення урожайності насіння найбільш доцільно та економічно виправданим є поєднання застосування біопрепарату на основі азотфіксуючих бактерій, мінерального удобрення з дозою внесення $N_{15}P_{25}K_{20}$ та позакореневого підживлення рослин у фазу гілкування бором.

Особистий внесок здобувача. Кваліфікаційна дипломна робота була 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 та лабораторні 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:

1. Єремко Л.С., Довгаль Ю.В., Шабельник С.І., Бахтіна Т.О., Огуй М. Ю. Вплив поживного режиму рослин на формування продуктивності гороху. 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 кваліфікаційної роботи. Загальний обсяг дипломної роботи становить 67 сторінок загального друкованого тексту, містить 7 таблиць, 5 рисунків. Кваліфікаційна робота складається із вступу, 6 розділів, висновків, рекомендацій виробництву та додатків. Список використаної літератури налічує 84 найменування.

РОЗДІЛ I

ВПЛИВ МІНЕРАЛЬНОГО УДОБРЕННЯ ТА БІОПРЕПАРАТІВ НА ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ГОРОХУ

1.1. Властивості гороху, його значення і використання.

Горох є досить поширеною зернобобовою культурою, що широко використовується у світі як чудове джерело білків, вуглеводів, харчових волокон, мінералів, вітамінів і фітохімічних речовин. Горох є унікальним джерелом білка, що доповнює білки зернових, а отже, може бути використаний для покращення загального поживного статусу харчових продуктів. Вміст білка варіює від 18% до 30% залежно від факторів навколишнього середовища та сорту. На відміну від тваринних білків, білки гороху містять незамінні амінокислоти в необхідних пропорціях, причому метіонін є лімітуючою амінокислотою. Вміст вуглеводів у насінні гороху становить 60-65 %. Їх складовими частинами є моносахариди, дисахариди, олігосахариди та полісахариди.

Основна фракція вуглеводів насіння гороху представлена крохмалем, який є основним запасуючим вуглеводом у сім'ядолях. Крохмаль складається з амілози (25-45 %) та амілопектину (55-75 %) [5]. Фракції крохмалю в насінні гороху можна додатково класифікувати на повільно перетравлюваний, швидко перетравлюваний і стійкий крохмаль [6]. Вчені [7] повідомляють, що стійкий крохмаль є неперетравлюваною фракцією крохмалю в шлунково-кишковому

тракті. Його вміст у насінні може змінюватися у межах від 2 до 10 % стійкого залежно від технології вирощування, сорту та регіону [7].

Насіння гороху є багатим джерелом мінералів та вітамінів. Порівняно з пшеницею та іншими зерновими, у ньому міститься більше кальцію, магнію, фосфору, заліза, цинку та міді. Крім того, горох є багатим джерелом фолієвої кислоти, ніацину, тіаміну, рибофлавіну, піридоксаміну, піридоксалю та піридоксину. Горох можна використовувати в поєднанні з іншими зерновими для забезпечення збалансованого мінерального та вітамінного складу, що може покращити раціон харчування населення як країн, що розвиваються, так і країн з високим рівнем розвитку.

Антипоживні органічні сполуки насіння представлені фітатами, що зв'язуються з мінералами в шлунку, знижуючи засвоюваність білка, і діють як металохелатуючий антиоксидант. Вони містяться в основному в білкових тілах і фракції оболонки цільного гороху. Замочування, ферментація та пророщування можуть бути використані для зниження рівня фітинової кислоти в насінні гороху.

Інгібітори трипсину є частиною захисної системи рослин. Термічна обробка та пророщування можуть бути використані для зменшення вмісту інгібіторів трипсину та хімотрипсину в горосі.

Лектини (гемаглютиніни) - це невеликі білкові тіла неімунного походження, які специфічно взаємодіють з вуглеводами і молекулами цукру, не модифікуючи їх. Вони містяться в сім'ядолях гороху і пов'язані з білками. Відомо, що лектини аглютинують еритроцити, руйнують ферменти оболонки, зменшують кількість життєздатних епітеліальних клітин та мають інсектицидну активність. Лектини можуть бути інактивовані при термічній обробці гороху. Поліфеноли та дубильні речовини являють собою в'язучі та гіркі на смак рослинні сполуки, які поєднуються з білками та осаджують їх.

Поліфеноли та дубильні речовини містяться в насінневій оболонці і зв'язуються з білками та мінералами, що знижує біодоступність останніх. Поліфеноли та дубильні речовини можуть бути частково інактивовані у

процесі замочування, лущення та термічної обробки насіння.

Сапоніни являють собою це глікозиди стероїдів, стероїдних алкалоїдів і тритерпенів, які містяться в рослинах, де вони утворюють воскове захисне покриття. Сапоніни можуть викликати лізис еритроцитів, що може погіршити стан слизової оболонки кишківника, а також зв'язуватися з холестерином і ліпідами. Завдяки своєму гіркому смаку він слугує інсектицидом для рослин гороху. Сапоніни містяться переважно в сім'ядолях і пов'язані з білками. Накопичення сапонінів можна спостерігати в горохових білкових концентратах, отриманих шляхом сухого розмелювання та повітряної класифікації. Термічна обробка та ферментація можуть бути використані для зниження їх рівня.

Цільне насіння гороху, колотий горох та горохові інгредієнти використовуються у всьому світі в харчовій, комбікормовій та кормовій промисловостях. Залежно від споживчої цінності та застосованих технологій, вони можуть мати різні функціональні властивості.

Цільне насіння гороху переробляється шляхом варіння, консервування, смаження або розмелювання. Розмір, колір, форма, однорідність, якість замочування, відсоток нерозмоченого насіння та консервні властивості є його ключовими характеристиками. Розмір, колір, форма та однорідність є бажаними факторами якості для кінцевих споживачів, тоді як колір, якість замочування та відсоток нерозмоченого насіння є необхідними атрибутами для виробників смажених горохових закусок.

Горохове борошно виробляється з цілого або подрібненого гороху в декілька різних грануляцій залежно від кінцевого використання продукту, наприклад, закуски, хлібобулочні вироби, приправи, панірування, макаронні вироби, а також екструдовані та консервовані корми для домашніх тварин. Воно зазвичай використовується як білковий компонент у поєднанні зі злаковим борошном. Основними властивостями горохового борошна є зв'язування води, олії, емульгування, гелеутворення та текстурування, які можуть бути унікально використані в зернових, бобових, м'ясних та

безглютенових рецептурах.

Гороховий крохмаль, вироблений за технологіями сухого та мокрого помелу, має вміст крохмалю від 60 % до 99 %. Він є стійким до термічного та механічного зсуву, крім того, він є хорошим джерелом стійкого крохмалю. Він має ключові функціональні властивості, такі як текстування, гелеутворення та клейстеризація, що є дуже важливими для харчової промисловості [8].

Горохові інгредієнти можна використовувати у хлібобулочних виробках як харчові добавки, як поліпшувачі хліба, а також для заміни алергенів, таких як соя або яйце. Горохове борошно та концентрати горохового крохмалю природно містять ферменти ліпоксигенази, які можна використовувати в преміксах як заміник соєвого борошна. Попередньо приготоване горохове борошно можна використовувати в рецептурах хліба до 30 %, коржів – 20 %, булочок для гамбургерів – 30 %, цільнозернового хліба – 15 % і пончиків – пшеничне борошно, змішане з попередньо приготованими сумішами з горохового борошна, може використовуватися в харчовій промисловості як натуральна, повноцінна білкова випічка. На додаток до горохового борошна та білків, інгредієнти з горохової клітковини можуть бути використані для збільшення зв'язування води в хлібобулочних виробках завдяки своїй водозв'язуючій здатності.

Горохові інгредієнти можуть використовуватися у виробництві макаронних виробів та локшини як базові інгредієнти, наприклад, горохове борошно та горохові білки у традиційних макаронних виробках з твердих сортів пшениці та гороховий крохмаль у китайській локшині.

Горохове борошно та білки можуть бути використані як харчова добавка у виробництві спеціальних та функціональних спагеті та макаронних виробів, виготовлених з борошна твердих сортів пшениці. Деароматизоване або попередньо виготовлене борошно та білки можуть бути додані для покращення

сенсорних властивостей макаронних виробів та локшини при більш високих показниках включення інгредієнтів.

Інгредієнти з гороху можна використовувати в екструдованих закусках і сухих сніданках. Горох і горохові інгредієнти можуть використовуватися для приготування м'ясних аналогів у різних формах, залежно від рецептури, технології та відповідності нормативним вимогам. Горохові білки та борошно здатні зв'язувати воду і жир та утворювати міцну текстуру після термічної обробки завдяки вмісту амілози, ретроградації крохмалю, гелеутворенню та властивостям гелеутворення білків. Ці властивості роблять горох і горохові інгредієнти унікальними та ефективними речовинами, наповнювачами та функціональними поліпшувачами [9].

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

Серед поживних елементів азот є винятковим, оскільки його основним джерелом є газоподібний азот атмосфери, а в мінералах його міститься мало. Коріння поглинає мінеральні поживні речовини у вигляді їхніх солей, розчинених у ґрунтовій воді. Після того, як елементи поглинаються корінням, вони переміщуються в різні частини рослини, де приймають участь у виконанні важливих біологічних функцій, що забезпечують нормальний ріст і розвиток. У сільському господарстві додавання мінеральних елементів до ґрунту для покращення росту рослин налічує понад 2000 років. До кінця XIX століття, особливо в Європі, для покращення росту рослин у сільському господарстві та садівництві використовували велику кількість калію, суперфосфату (фосфору), а згодом і неорганічного азоту. Виключно на основі спостережень і припущень, а не точних експериментів, було зроблено висновок, що мінеральні елементи, такі як азот, сірка, фосфор, калій, кальцій, магній, кремній, натрій і залізо, є необхідними для росту рослин. До кінця дев'ятнадцятого століття було проведено велику кількість досліджень для створення «теорії мінеральних елементів». На основі обширних досліджень

мінерального складу різних видів рослин, що ростуть на різних типах ґрунтів, було зроблено висновок, що ні наявність, ні концентрація мінерального елемента в рослині не є критерієм необхідного елемента [10].

Рослини мають обмежену здатність вибірково поглинати ті мінеральні поживні речовини, які необхідні для їхнього росту. Вони також поглинають мінеральні елементи, які не є необхідними для росту і можуть бути навіть токсичними. Тому було очевидно, що мінеральний склад рослин, які ростуть у ґрунтах, не може використовуватися як критерій, що дозволяє судити про важливість того чи іншого мінерального елемента. Після того, як цей факт був встановлений, були проведені експерименти з вирощування рослин у воді та на піску, в яких певні елементи були виключені. Техніка вирощування рослин у безґрунтових поживних середовищах отримала назву гідропоніки. Ці методи були використані для більш точної характеристики незамінності окремих мінеральних елементів і привели до кращого розуміння їхньої ролі в метаболізмі рослин [11].

Атмосфера Землі складається приблизно на 80 % з азоту, але надзвичайно стабільна форма атомарного азоту є недоступною для рослин. Однак мікроорганізми, як вільноживучі, так і симбіотичні, можуть фіксувати атмосферний N_2 з утворенням аміачної форми (NH_4^+), що безпосередньо поглинається рослинами або перетворюється на нітрат (NO_3^-) за допомогою нітрифікуючих бактерій. Переважна форма поглинання азоту залежить від ґрунтових умов і видів рослин. Рослини, пристосовані до низького рівня рН і перезволожених ґрунтів, як правило, поглинають NH_4^+ . У ґрунтах з вищим рівнем рН переважає NO_3^- форма, яку поглинає більшість рослин. Крім того, в ґрунті містяться органічні сполуки азоту, такі як амінокислоти, і з'являється все більше доказів того, що вони також можуть бути важливими джерелами азоту [12].

Рослини не можуть використовувати неорганічний азот як такий, тому він повинен бути відновлений. Два важливих ферменти засвоєння азоту - нітратредуктаза та нітритредуктаза - беруть участь у відновленні окисленої

форми N, тобто NO_3^- до NH_4^+ . Іншими ферментами шляху засвоєння азоту є глутамінсинтетаза, глутаматсинтетаза, глутаматдегідрогеназа, аспаратамінотрансфераза і аспарагінсинтетаза. Ці ферменти відповідають за включення NH_4^+ в такі амінокислоти, як глутамін, глутамат, аспарагін і аспарат. Основна функція азоту полягає в забезпеченні аміногруп в амінокислотах, що входять до складу основ нуклеотидів пуринів і піримідинів. Крім того, азот є важливою складовою багатьох небілкових сполук, таких як коферменти, фотосинтетичні пігменти, вторинні метаболіти, поліаміни та вітаміни [14].

Симптомом нестачі азоту є загальний хлороз, що починається з нижніх листків через втрату хлорофілу. Типовим симптомом нестачі азоту є утворення V-подібної форми хлорозу, що починається з кінчика листка.

Пізніше таке пожовтіння можна побачити на молодих листках, а в разі сильного дефіциту азоту старі листки опадають. Рослина стає блідо-зеленою, а черешок і жилки листка стають фіолетовими через синтез пігменту антоціану. Низька інтенсивність проходження синтетичних процесів білкових молекул призводить до гальмування ростових процесів рослин.

Рослини, вирощені за умов надлишку азоту, зазвичай мають листкові пластинки темно-зеленого забарвлення, формують досить розвинену листкову поверхню, але у той же час, їх коренева система є недостатньо розвиненою

Фосфор є другим за важливістю елементом розвитку рослин. Майже 90 % даного елемента фіксується в ґрунті у формі фосфатів алюмінію/заліза або кальцію/магнію, залежно від рН ґрунту. Рослини не можуть використовувати ці фіксовані або нелабільні форми P з ґрунту. Інша частина нерозчинного P, так звана лабільна фракція, обмінюється з ґрунтовим розчином. Це єдина форма P, доступна рослинам для поглинання. Тому дефіцит фосфору є широко розповсюдженим явищем. Оскільки фосфорні добрива виробництво отримує з гірських фосфатів, фосфор вважається невідновлюваним ресурсом, який, як очікується, буде вичерпано протягом наступних 50-60 років. Форма, в якій

фосфор знаходиться в ґрунтовому розчині, залежить від рН, але при типовому рН ґрунтового розчину фосфор зустрічається виключно у вигляді H_2PO_4^- , переважної форми неорганічного Р\фосфору, що поглинається рослинами [14].

У відповідь на постійний дефіцит фосфору, рослини виробили багато адаптивних морфологічних, фізіологічних і молекулярних механізмів. Вони включають зміни у розвитку кореневої системи (збільшення площі кореневої поверхні, кількості тонких корневих волосків, довжини коренів), індукцію високоафінних транспортерів фосфору, збільшення секреції ферменту кислої фосфатази та низькомолекулярних органічних кислот, симбіотичні асоціації з мікоризними грибами та зміни в активності кількох ключових фотосинтетичних ферментів.

У рослині неорганічний фосфор знаходиться у вигляді розчинних (ортофосфату) або пірофосфату. Органічний фосфор переважно зв'язаний гідроксильними групами з вуглецевим ланцюгом (С-О-Р) у вигляді простого фосфатного ефіру або приєднаний до іншого фосфату енергетичним пірофосфатним зв'язком (Р~Р), як, наприклад, в АТФ. Іншим типом фосфатного зв'язку є діефірний стан (С-Р-С) з відносно високою стабільністю. У цій асоціації фосфат утворює сполучну групу між сполучними одиницями, що призводить до утворення більш складних макромолекулярних структур.

Фосфор як структурний елемент є складовою частиною нуклеїнових кислот (ДНК, РНК) та фосфоліпідів біомембран, утворюючи фосфатидилхолін (лецитин). У мембранах він виступає сполучною ланкою між гліцеролжирною кислотою (ліпофільною частиною) і холіновою (гідрофільною) частиною ліпиду. Холін характеризується високою гідрофільністю, за рахунок негативного заряду на фосфатній групі, і це допомагає йому правильно орієнтуватися в мембрані.

Фосфор відіграє важливу роль у реакціях передачі енергії. Це включає утворення та розрив пірофосфатного зв'язку для підтримання енергетичного гомеостазу в клітинних процесах. При гідролізі одного моля АТФ вивільняється 30 кДж енергії. АТФ є основою багатьох синтетичних шляхів, а

інші подібні багаті на енергію фосфонуклеотиди (УТФ, ЦТФ і ГТФ) відіграють центральну роль у метаболізмі нуклеїнових кислот.

Фосфор приймає участь у синтезі сахарози, крохмалю та целюлози, та забезпечує енергією біосинтез фосфоліпідів. Багаті на енергію фосфати, такі як АТФ, ГТФ, АДФ, модулюють активність ферментів шляхом зворотного фосфорилування. Велика кількість даного елемента, що зберігається в насінні у вигляді фітинової кислоти, сприяє розвитку ембріона, проростанню насіння та росту проростків.

Фосфор відіграє вирішальну роль у процесі фотосинтезу. Зазвичай фотосинтез лімітується активністю Рубіско або здатністю до регенерації рибулозо-1,5-бісфосфату. В умовах достатнього освітлення фотосинтетична активність рослини є оптимальною за концентрації флсфлру у хлоропластах в діапазоні 2,0-2,5 мМ. Зменшення його концентрації у хлоропластах до 1,4-1,0 мМ призводить до пригнічення фотосинтетичної діяльності рослин [15].

Дефіцит фосфору призводить до затримки ростових процесів рослин більшою мірою, аніж коренів, а листя часто має темно-зелений колір, що пояснюється накопиченням значної кількості крохмалю та цукрів. Разом з тим спостерігається гальмування розвитку листкової поверхні. Розвиток листкових пластинок гальмується внаслідок зменшення поділу та збільшення клітин. Оскільки фосфор є дуже мобільним у тканинах, старіші листки першими проявляють хлороз. Дозрівання рослин також затримується.

Навпаки, надмірна кількість фосфору є токсичною для рослин. Це явище проявляється у затримці формування репродуктивних органів. [16]

У ґрунті калій зустрічається у трьох формах: присутній у ґрунтовому розчині (легкодоступний для рослин), адсорбований в обмінній формі на ґрунтових колоїдах, таких як глинисті мінерали, і як структурний елемент ґрунтових мінералів. Як правило, дефіцит калію є рідкісним явищем, але ріст рослин зазвичай стимулюється додатковим надходженням даного елемента

Рослини поглинають калій у вигляді одновалентного катіону K^+ . Його

поглинання в рослинних тканинах відбувається з високою швидкістю завдяки відносно високій проникності рослинних мембран. Така висока проникність мембран для калію зумовлена наявністю в них іонофорів, які полегшують дифузію калію. Крім пасивного поглинання, калій також потрапляє в корені рослин через високоафінні та низькоафінні транспортери [18].

Калій є дуже мобільним на всіх рівнях рослинного організму, тобто в межах окремих клітин, тканин і при транспортуванні на великі відстані по ксилемі та флоемі. Основна його частина поглинається рослинами у період активного розвитку вегетативної частини. Великий потік калію від пагона до кореня підтримується через флоему, що має вирішальне значення для підтримання гомеостазу К та забезпечення постійного надходження катіонів, які супроводжують аніони, такі як NO_3^- , для їхнього руху до пагона [19, 20].

На відміну від інших елементів, калій не метаболізується в рослині і утворює лише слабкі комплекси, в яких він легко обмінюється. Він відіграє виняткову роль у водному балансі рослини. Крім підтримки тургору, він необхідний для активації ряду ферментів у метаболічних реакціях [21-23].

Калій необхідний для розвитку хлорофілу і каталізує нормальне розщеплення вуглеводів під час дихання. Він відіграє важливу роль у фотосинтезі, підтримці тургору та водного гомеостазу, що називається осморегуляцією. Транспорт розчинених речовин, зумовлений тургорним тиском, спричиняє розтягнення клітин, рухи прорихів та інші фотонастичні і сейсмонастичні рухи [24-26].

Калій легко перерозподіляється в рослинних тканинах, тому симптоми нестачі спочатку з'являються на старих листках. Типовим симптомом нестачі даного елемента є розвиток хлорозу, який пізніше перетворюється на некротичні ураження на кінчику листка, що поширюються вниз по краях. За сильного дефіциту калію молоді листки також стають хлоротичними. Іншими ознаками його дефіциту є скручування листя та вкорочення міжвузлів, що призводить до затримки росту [27, 28].

Сильний дефіцит калію спричиняє накопичення редуруючих цукрів і

виснаження органічних кислот, а також синтез токсичних амінів, таких як путресцин і агматин, шляхом декарбоксілювання аргініну. Високий вміст калію в живильному середовищі зазвичай не викликає жодних токсичних симптомів у рослин.

Бор у ґрунті міститься в діапазоні 20-200 ppm. Його поглинання не є метаболічним процесом, і його розподіл у рослинах також регулюється потоком транспірації. Канали борної кислоти, які є основними внутрішніми білками, сприяють транспортуванню бору через мембрани.

Бор бере участь у широкому спектрі біологічних функцій, але його метаболічні функції точно не вивчені. Ці важливі фізіологічні процеси включають синтез білка, транспорт цукрів, дихання і метаболізм рослинних гормонів (індолілоцтової кислоти), РНК і карбогідрату. Інші функції бору пов'язані з синтезом і лігніфікацією клітинної стінки, підтриманням структури клітинної стінки шляхом зшивання полісахаридів і регуляцією структурної цілісності біомембран.

Бор активує ферменти, сприяє структурній цілісності біомембран і формуванню ліпідних рафтів. Він також впливає на проростання пилку, ріст пилкової трубки запліднення та розвиток плодів.

Дефіцит бору призводить до відмирання коренів і кінчиків пагонів, що у свою чергу призводить до затримки росту рослин. Листкові пластинки набувають густої мідянистої текстури, стають скрученими і ламкими. Він також впливає на утримання квіток, утворення пилку, ріст і проростання пилкових трубок, фіксацію азоту та засвоєння нітратів [29].

1.3. Роль біопрепаратів у процесі формування продуктивності гороху.

Горох є симбіотичним партнером азотфіксуючих діазотрофних бактерій, таких як *Rhizobium leguminosarum*, *Rhizobium anhuiense*, *Rhizobium indicum* та самодостатніми щодо забезпечення рослин азотом у процесі формування

врожаю.

Щорічно із загального обсягу азоту, що надходить на оброблювані землі, приблизно 25 % припадає на біологічної фіксації азоту, який утворюється в результаті симбіозу бобових та олійних бобових культур та прокаріотних мікроорганізмів-фіксаторів [32]. Незважаючи на те, що нодуляція має високу метаболічну вартість як для ризобій так і для бобових, підвищення ефективності бобово-ризобіального симбіозу може бути одним із шляхів для підвищення врожайності даних культур [33] поряд із зменшенням кількості використаних азотних добрив [34].

Результати досліджень показали, що величина фіксованого горохом азоту може змінюватися у межах від 47 до 130 кг/га N за рік [35]. Окрім того, допосівна інокуляція насіння гороху штамми азотфіксуючих мікроорганізмів може мати значний економічний ефект [36]. Взаємодія між рослинами та азотфіксуючими бактеріями залежить від різних факторів, таких як наявність місцевих популяцій ризобій, що зумовлено доступності азоту, фізико-хімічні властивості ґрунту та кліматичні умови [37].

Біодобрива являють собою продукти, що містять клітини різних мікроорганізмів, які при внесенні в насіння, на поверхню рослин або в ґрунт колонізують рослину або її внутрішні органи і сприяють її росту за рахунок перетворення недоступних поживних речовин в доступні основні компоненти (азот, фосфор) за допомогою біологічних процесів, таких як приєднання азоту і розчинення мінеральних речовин [38-40].

У більшості середовищ фіксований азот є поживною речовиною поряд з молекулярним азотом з атмосфери, який є основним джерелом біосферного азоту. Це складно молекулярний азот засвоюється безпосередньо рослинами, але тільки прокаріотичні клітини можуть продукувати його в процесі біологічної азотфіксації.

Протягом багатьох років кілька видів бактерій вважалися азотфіксаторами, але за останні 30 років виявилось, що азотфіксація виражена у більшості типів бактерій і метаногенних архей. У двох основних групах

неспоріднених бактерій-ризобіях (альфа -), які в основному асоціюються з бобовими рослинами, що належать до надсімейства покритонасінних спектрм рослин з вісім сімейств мають властивість симбіотично фіксувати азот в бульбочках судинних рослин.

Біологічна фіксація азоту-це один із способів перетворення елементарного азоту в прийнятну для рослин форму. Бактерії, які фіксують азот, перетворюють інертний атмосферний N_2 в органічні сполуки.

Біологічні добрива, основою яких є мікробні штами або групи мікроорганізмів, здатні покращити фіксацію атмосферного азоту у процесі

б
о
б

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”.

Грунт дослідної ділянки чорнозем типовий малогумусний илибокозакіпаючий [44]. За механічним складом грунт 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 грунт може вважатися придатним для цілей виробництва продукції наявних у господарстві вільськогосподарських 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.

с

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 гороху у 2023 році характеризувався контрастними погодними умовами. Початкові етапи розвитку досліджуваної культури відбувалися за помірного прогрівання повітря та достатнього вологозабезпечення (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	

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 гороху припав на червень, що характеризувався підвищеними на $0,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ значеннями середньодобової температури повітря порівняно із багаторічними показниками. В цілому за місяць випало $33,8\text{ мм}$ дощу, що на $27,9\text{ мм}$ менше за багаторічні значення. Достигання гороху відбувалося за жарких посушливих умов липня та недостатньої вологозабезпеченості рослин, що відповідно негативно відобразилося на формуванні продуктивності рослин.

Погодні умови 2024 року були вкрай несприятливими для росту і розвитку рослин та формування урожайності гороху. 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, $^{\circ}\text{C}$ 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, $^{\circ}\text{C}$ фактично	26,3	28,6	34,8	39,7	37,2
	норма	22,4	28,0	31,0	33,2
Абсолютний мінімум t повітря, $^{\circ}\text{C}$ фактично	-4,2	3,4	8,1	13,0	12,0
	норма	-3,7	2,1	6,8	9,9
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

Закладання досліду і 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) – різні рівні забезпеченості рослин елементами мінерального живлення $N_0P_0K_0$, $N_{15}P_{25}K_{20}$, $N_{15}P_{50}K_{40}$, $N_0P_0K_0+B$, $N_{15}P_{25}K_{20}+B$, $N_{15}P_{50}K_{40}+B$;

(фактор В) - застосування біодобрива Ризогумін (2,0 л/т), основою якого є азотфіксуючі бульбочкові бактерії *Rhizobium leguminosarum* під час проведення допосівної обробки насіння.

Варіанти і повторення у досліді розміщувалися рендомізовано. Повторність досліду чотириразова. Площа однієї ділянки становила 40 м². Горох у досліді вирощували за загальноприйнятою технологією, виключаючи досліджувані фактори.

Для оцінки розвитку симбіотичного апарату гороху відбирали по шість рослин з кожної ділянки через 50 днів після посіву для оцінки кількості бульбочок на рослині, свіжої та сухої маси бульбочок (г).

Для проведення аналізу розвитку вегетативної частини рослин у динаміці під час настання фаз гілкування, цвітіння, формування бобів, та повної стиглості кожен раз відбирали по 10 рослин. На цих рослинах проводили вимірювання висоти (см), їх свіжої та сухої маси. Вимірювання площі листової поверхні у динаміці проводили у фазах гілкування, цвітіння, формування і наливу бобів.

Безпосередньо перед збиранням врожаю відбирали проби для визначення величини елементів індивідуальної продуктивності рослин

(кількість бобів, кількість насінин у одному бобу, маса насіння з однієї рослини, маса 1000 насінин) [45].

РОЗДІЛ 3

ВПЛИВ ЗАБЕЗПЕЧЕНОСТІ РОСЛИН ЕЛЕМЕНТАМИ МІНЕРАЛЬНОГО ЖИВЛЕННЯ ТА БІОПРЕПАРАТУ НА ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ГОРОХУ

3.1. Вплив мінерального удобрення та біопрепарату на висоту рослин гороху

Ріст є однією з найбільш фундаментальних і помітних характеристик живої істоти. 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 (як анаболічних, так і катаболічних), які відбуваються за рахунок поглинутої і перетвореної у рослинах енергії сонячної радіації. Ріст рослин обумовлений наявністю меристем в певних місцях їх тіла. Клітини таких меристем мають здатність ділитися і самовідновлюватися. Продукт, однак, незабаром втрачає здатність до поділу, і такі клітини утворюють тіло рослини. 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. Ріст припиняється у певний момент життєвого циклу рослини. На це впливає взаємодія генів і факторів навколишнього середовища, серед яких вагому роль поряд із освітленням, температурою повітря, вологозабезпеченістю, значну роль відіграє забезпеченість 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 початку вегетаційного періоду. Від фази гілкування до фази цвітіння спостерігалось досить інтенсивне збільшення лінійних розмірів надземної частини рослин гороху.

Від початку цвітіння до формування бобів було занотовано гальмування лінійних приростів рослин у висоту, що могло бути пов'язано із спрямуванням синтезованих органічних сполук до репродуктивних органів. Під час формування, розвитку і досягання бобів і насіння у них лінійний приріст рослин у висоту був мінімальним (табл 3.1).

Таблиця 3.1

Висота рослин гороху залежно від застосування мінерального добрива та біопрепарату, см (середнє за 2023-2024 рр.)

Інокуляція насіння	Добрива	Фази росту і розвитку рослин			
		гілкування	цвітіння	формування бобів	повна стиглість
-	N ₀ P ₀ K ₀	10,9	38,7	42,1	43,7
	N ₁₅ P ₂₅ K ₂₀	11,8	40,2	44,3	45,6
	N ₁₅ P ₅₀ K ₄₀	12,4	42,3	44,9	46,4
	N ₀ P ₀ K ₀ +B	11,0	39,4	43,8	44,8
	N ₁₅ P ₂₅ K ₂₀ +B	11,9	41,3	45,7	46,3
	N ₁₅ P ₅₀ K ₄₀ +B	12,9	43,7	46,2	47,5
Ризогумін	N ₀ P ₀ K ₀	11,6	39,5	43,4	44,7
	N ₁₅ P ₂₅ K ₂₀	12,3	42,3	45,6	46,8
	N ₁₅ P ₅₀ K ₄₀	12,7	43,8	45,9	47,5
	N ₀ P ₀ K ₀ +B	11,9	41,2	44,4	45,9
	N ₁₅ P ₂₅ K ₂₀ +B	12,5	43,1	45,8	47,3
	N ₁₅ P ₅₀ K ₄₀ +B	12,7	44,2	46,3	47,9

Відомо, що для забезпечення росту і розвитку рослини потребують 17 основних поживних речовин. 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.

Дані представленої таблиці чітко вказують на те, що найнижчі показники ростових характеристик гороху, тобто висота рослин, були занотовані на контрольному варіанті, тобто без застосування мінеральних і біологічних добрив. Разом з тим, отримані результати дослідження показали позитивний вплив NPK, біодобрива, позакореневого підживлення бором та їх поєднання на лінійний приріст рослин впродовж усього періоду вегетації.

Щодо впливу хімічних добрив, то дані таблиці показують, збільшення висоти рослин у варіантах мінерального удобрення у межах від 0,8 до 3,6 см. Причому, доза внесення $N_{15}P_{50}K_{40}$ виявилася більш ефективною у цьому відношенні.

У варіантах із застосуванням Ризогуміну висота рослин впродовж вегетаційного періоду гороху перевищувала контрольний варіант на 0,7-1,3 см, а проведення позакореневого підживлення посівів бором сприяло збільшенню величини даного параметру порівняно з контролем за період цвітіння-повна стиглість насіння на 0,7-1,7 см.

Рослини, інокульовані біодобривом у поєднанні з позакореневим внесенням бору, мали вищі значення величини оцінюваного параметру, ніж рослини, на яких не проводилося застосування досліджуваних елементів технології вирощування.

Дані також показали, що найвищі значення висоти рослин були відмічені у варіантах комплексного поєднання усіх досліджуваних факторів досліду, причому поєднання застосування інокуляції насіння і позакореневого підживлення рослин виявилось більш ефективним на фоні внесення $N_{15}P_{50}K_{40}$. У цьому варіанті висота рослин перевищила контроль на 1,8-5,5 см.

3.2. Вплив мінерального удобрення та біопрепарату на динаміку розвитку листової поверхні посівів гороху.

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 листових 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, наприклад, на ріст рослин та їх розмноження. Розвиток листової поверхні піддіється значному впливу факторів зовнішнього середовища, серед яких вагому роль відіграє забезпеченість рослин елементами мінерального живлення.

Результати дослідження показали, позитивний вплив факторів, що вивчалися та їх поєднання на величину листової поверхні посівів гороху. Дані представленої таблиці показують, що найменші параметри площі листової поверхні були відмічені у контрольному варіанті.

Разом з тим, отримані результати дослідження показали позитивний вплив NPK, біодобрива, позакореневого підживлення бором та їх поєднання на процес формування листової поверхні рослин у посівах гороху впродовж усього періоду вегетації.

У варіантах застосування NPK, площа листової поверхні посівів гороху збільшувалася впродовж періоду вегетації порівняно з контролем на 0,3-2,9 поверхні, ніж $N_{15}P_{25}K_{20}$.

У варіантах із застосуванням Ризогуміну перевищення величини площі листової поверхні посівів гороху щодо контрольного варіанту впродовж вегетаційного періоду становило 0,4-1,9 тис. $m^2/га$, а проведення позакореневого підживлення посівів бором сприяло збільшенню величини даного параметру порівняно з контролем за період цвітіння-повня стиглість зерна на 0,3-1,6 тис. $m^2/га$.

Поєднання інокуляції насіння і позакореневого підживлення рослин бором сприяло збільшенню величини листової поверхні посівів гороху порівняно з контролем на 0,5-3,5 тис. $m^2/га$. Найвищі значення даного

показника у занотованих фазах росту і розвитку рослин (8,8-34,7 тис. м²/га) були відмічені у варіанті поєднання інокуляції насіння і позакореневого підживлення посівів бором на фоні внесення N₁₅P₅₀K₄₀.

Таблиця 3.2

**Площа листкової поверхні гороху залежно від застосування
мінерального удобрення та біопрепарату, тис. м²/га
(середнє за 2023-2024 рр.)**

Інокуляція насіння	Удобрення	Фази росту і розвитку рослин			
		гілкування	цвітіння	формування бобів	налив насіння
-	N ₀ P ₀ K ₀	7,9	19,8	27,8	25,8
	N ₁₅ P ₂₅ K ₂₀	8,2	20,9	28,8	26,2
	N ₁₅ P ₅₀ K ₄₀	8,4	22,3	29,4	27,5
	N ₀ P ₀ K ₀ +B	8,1	20,4	29,4	27,4
	N ₁₅ P ₂₅ K ₂₀ +B	8,5	21,2	31,2	28,8
	N ₁₅ P ₅₀ K ₄₀ +B	8,5	23,2	32,7	29,3
Ризогумін	N ₀ P ₀ K ₀	8,2	20,1	29,5	27,7
	N ₁₅ P ₂₅ K ₂₀	8,5	21,4	31,2	28,4
	N ₁₅ P ₅₀ K ₄₀	8,8	23,7	32,8	29,6
	N ₀ P ₀ K ₀ +B	8,3	22,2	30,9	29,3
	N ₁₅ P ₂₅ K ₂₀ +B	8,6	23,5	32,4	30,4
	N ₁₅ P ₅₀ K ₄₀ +B	8,8	24,6	34,7	31,8

Слід також відзначити нерівномірність збільшення величини листкової поверхні посівів гороху впродовж вегетаційного періоду. На початку вегетації рослини формували листкову поверхню незначних розмірів. Період від гілкування до цвітіння характеризувався найбільш інтенсивним розвитком асиміляційної поверхні рослин. Піку свого розвитку вона досягала у фазі формування бобів. У цей час величина площі листкової поверхні посівів

гороху залежно від застосування досліджуваних факторів сягала значень 27,8-34,7 тис. м²/га. Надалі, від формування бобів до наливу насіння розміри листової поверхні посівів гороху поступово зменшувалися, здебільшого за рахунок відмирання листків нижніх ярусів.

3.3. Вплив мінерального удобрення та біопрепарату на тривалість і продуктивність фотосинтетичної діяльності листової поверхні посівів гороху.

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 досліджень свідчать про позитивний вплив елементів технології, що вивчалися та їх поєднання на динаміку формування листової поверхні та тривалість її активної фотосинтетичної роботи. Так мінеральне удобрення забезпечило підвищення значень фотосинтетичного потенціалу посівів гороху на 0,23-0,34 млн м²×діб/га порівняно з контролем (рис. 3.1).

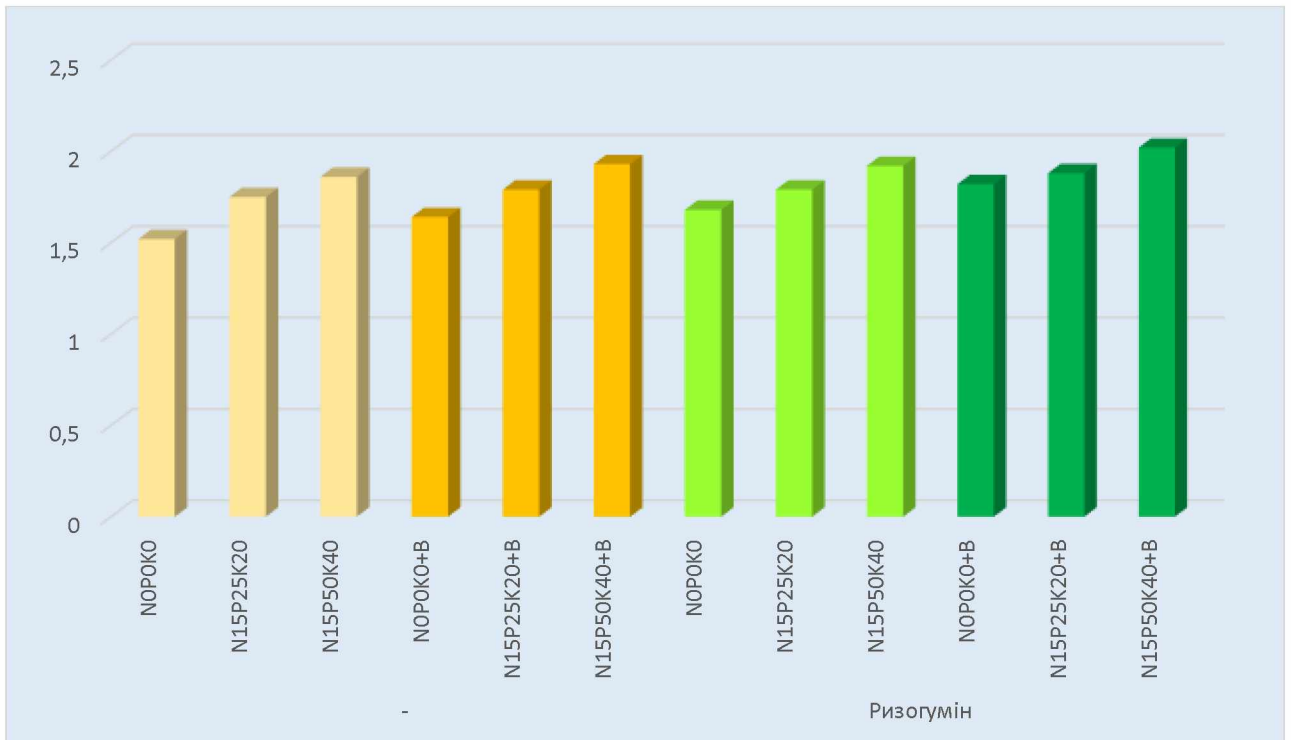


Рис. 3.1. Фотосинтетичний потенціал посівів у фазі цвітіння-формування бобів, залежно від застосування мінерального удобрення та біопрепарату, млн м²×діб/га (середнє за 2023-2024 рр.)

Слід відмітити закономірне збільшення величини даного показника у варіанті внесення N₁₅P₅₀K₄₀ порівняно із N₁₅P₂₅K₄₀. У варіантах із застосуванням Ризогуміну фотосинтетичний потенціал посівів гороху збільшився порівняно із контролем на 0,16 млн м²×діб/га. Позакореневе підживлення рослин бором сприяло збільшенню показника фотосинтетичного потенціалу щодо контрольного варіанту на 0,12 млн м²×діб/га. У варіанті Ризогумін+В величина фотосинтетичної потужності перевищувала контрольний варіант на 0,30 млн м²×діб/га, а максимальні її значення були відмічені у разі комплексного застосування факторів дослідження.

Результати дослідження вказують на позитивний ефект факторів, що вивчалися на величину чистої продуктивності фотосинтезу (рис. 3.2).

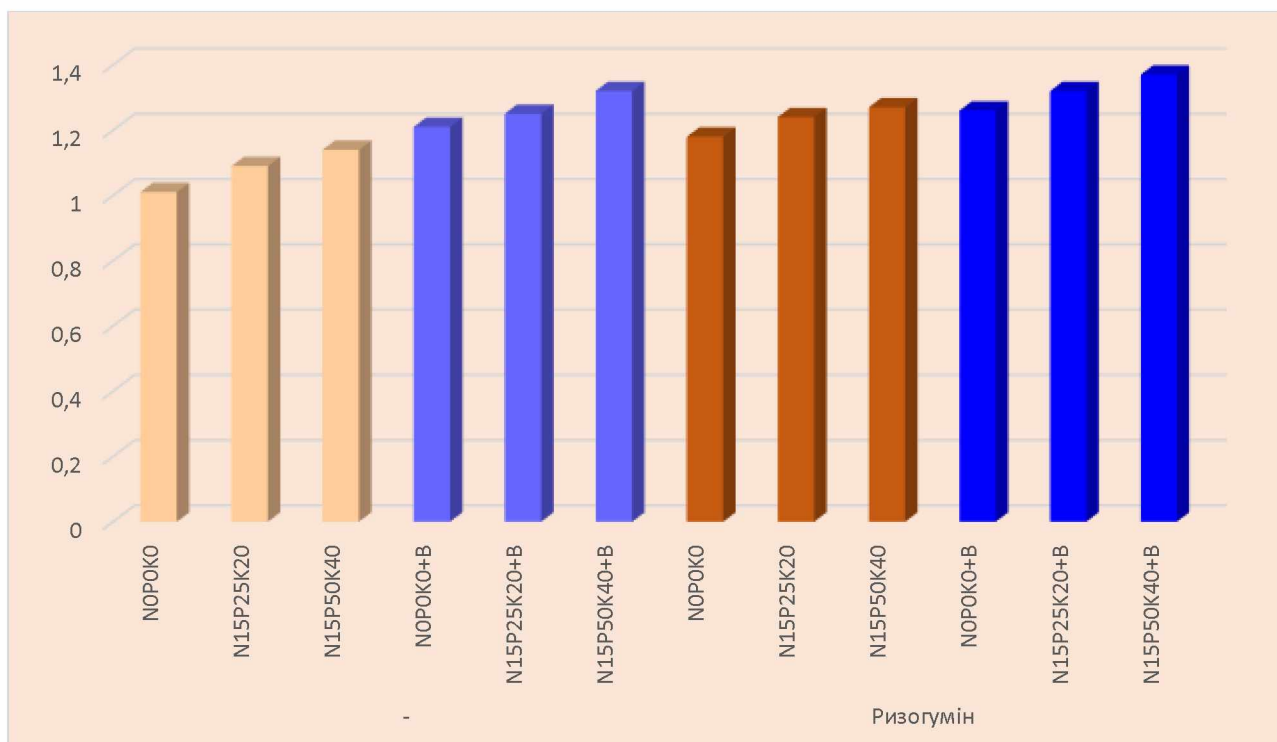


Рис. 3.2. Чиста продуктивність фотосинтезу у фазі цвітіння-формування бобів залежно від застосування мінерального удобрення та біопрепарату, г/м² за добу (середнє за 2023-2024 рр.)

У варіантах із внесенням NPK значення даного показника перевищували контроль на 0,08-0,13 г/м² за добу, причому їх вищі значення були відмічені у варіанті внесення N₁₅P₅₀K₄₀. Проведення інокуляції насіння підвищувало інтенсивність продукування рослинами органічної біомаси на 0,07 г/м² за добу щодо контрольного варіанта, а її поєднання із позакореневим підживленням рослин бором забезпечувало прибавку даного показника щодо контролю на 24,8 %.

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, які називаються хлоропластами, рослини використовують енергію сонячного світла для перетворення вуглекислого газу та води в глюкозу та кисень. Цей процес не тільки стимулює ріст рослин, але і призводить 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 природних 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.

Комплексне застосування макро- і мікродобрив та мікробіологічного препарату на основі азотфіксуючих бактерій значно підвищило інтенсивність накопичення рослинами органічної речовини. Про це свідчить збільшення величини чистої продуктивності фотосинтезу до 1,32-1,37 г/м² за добу.

Інтенсивність накопичення органічних сполук визначила величину загальної надземної біомаси рослин. Її величина підвищувалася по мірі покращання поживного режиму рослин гороху (рис. 3.3).

Так застосування Ризогуміну сприяло збільшенню маси рослин у сухому стані на 2,38 % порівняно з контролем. У варіантах із проведенням позакореневого підживлення рослин бором суха маса рослин перевищувала контроль на 1,58 %. Поєднання інокуляції насіння і позакореневого підживлення рослин забезпечило прибавку надземної сухої маси рослин на 6,35 % щодо контрольного варіанта. Найбільш сприятливі умови накопичення рослинами абсолютно сухої біомаси створювалися у варіантах поєднання інокуляції насіння та обприскування посівів бором на фоні внесення N₁₅P₅₀K₄₀ величина показника маси рослин у абсолютно сухому стані була найвищою.

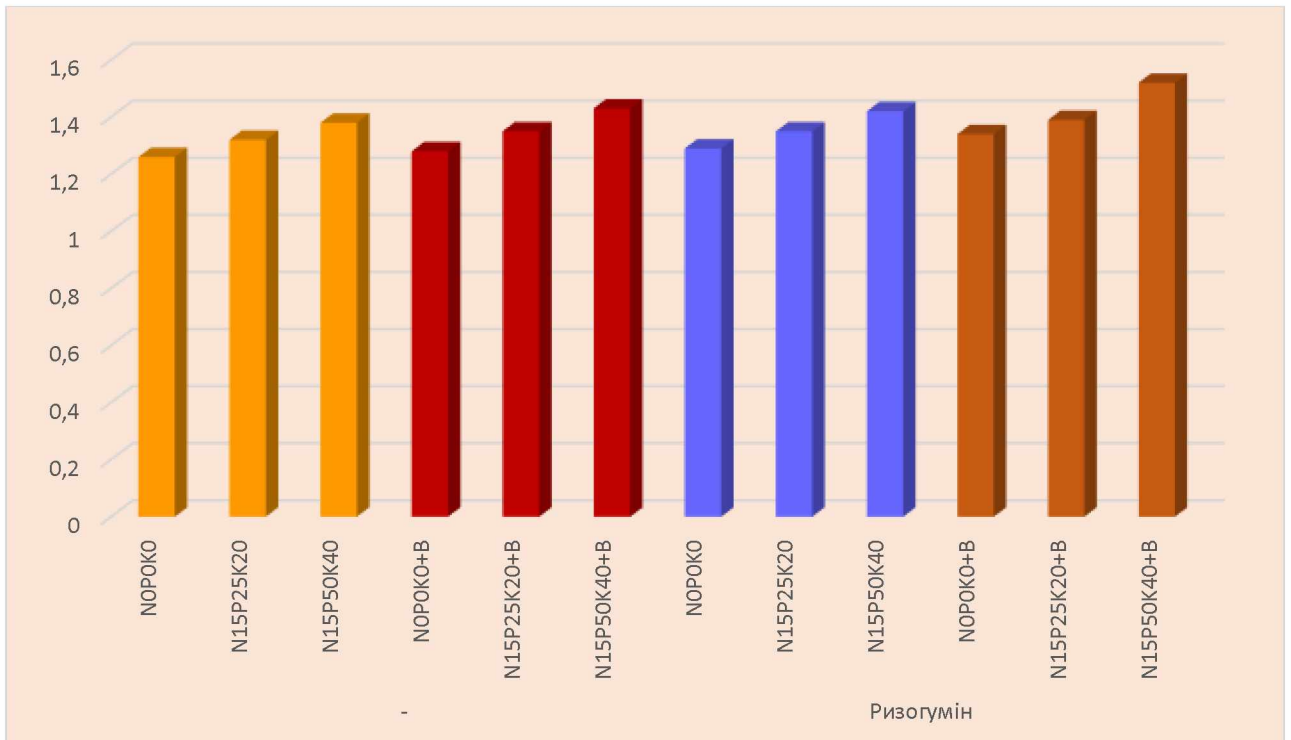


Рис. 3.3. Маса рослин у абсолютно сухому стані у фазі формування бобів залежно від застосування мінерального удобрення та біопрепарату, т/га (середнє за 2023-2024 рр.)

3.4. Вплив мінерального удобрення та біопрепарату на величину симбіотичного апарату рослин гороху.

Горох має унікальну біологічну здатність забезпечувати свої потреби в азоті на 70-80 % за рахунок процесу симбіотичної азотфіксації, що відбувається в результаті симбіотичних взаємовідносин із азотфіксуючими бульбочковими бактеріями *Rhizobium*.

Становлення і функціонування ефективного бобово-ризобіального симбіозу у зоні ризосфери залежить не тільки від ефективної взаємодії генотипів рослин та симбіотрофних мікроорганізмів, а й від дії агротехнологічних прийомів вирощування культури.

Результати досліджень показали, що нодуляційна здатність гороху змінювалося залежно від рівня забезпеченості рослин поживними речовинами.

Симбіотичний апарат рослин гороху був найбільш розвиненим у варіанті поєднання усіх факторів, що досліджувалися (рис. 3.4, рис. 3.5).

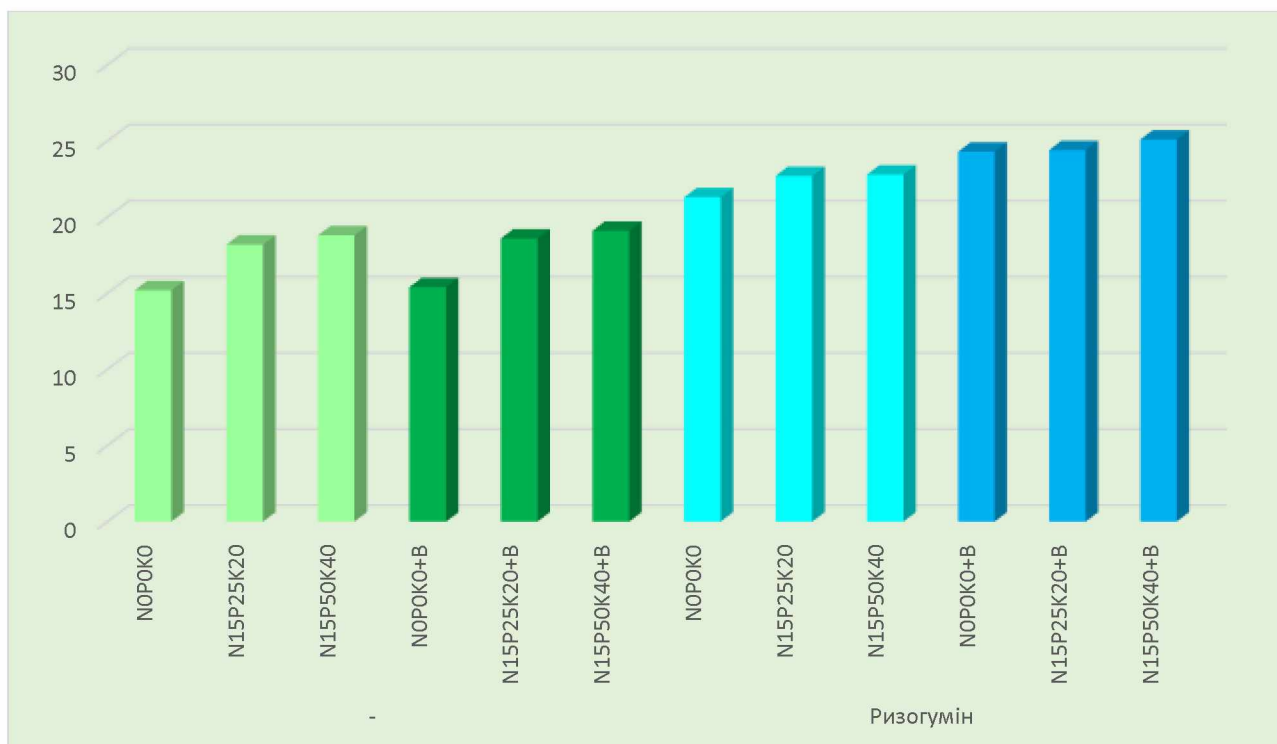


Рис. 3.4. Кількість бульбочок на одній рослині залежно від застосування мінерального добрива та біопрепарату (фаза цвітіння), шт./росл. (середнє за 2023-2024 рр.)

Застосування позакореневого підживлення посівів бором сприяло збільшенню кількості бульбочок на коренях рослин гороху та їх маси на 1,31 % і 2,75 порівняно з контролем. Інокуляція насіння виявилася більш ефективним прийомом, за рахунок збільшення кількості і маси бульбочок порівняно із контрольним варіантом на 40,1 % і 11,0 % відповідно. Поєднання інокуляції насіння та позакореневого підживлення рослин сприяло покращанню умов проходження нодуляційного процесу гороху. Кількість і маса бульбочок на рослинах гороху збільшилася порівняно з контролем на 59,8 % і 26,6 %.

Поєднання інокуляції насіння та мінерального добрива покращило умови розвитку кореневої системи рослин гороху та формування на ній симбіотичного апарату. Значення кількості і маси бульбочок на коренях рослин були найвищими у варіанті поєднання інокуляції насіння і позакореневого підживлення рослин на фоні внесення $N_{15}P_{50}K_{40}$.

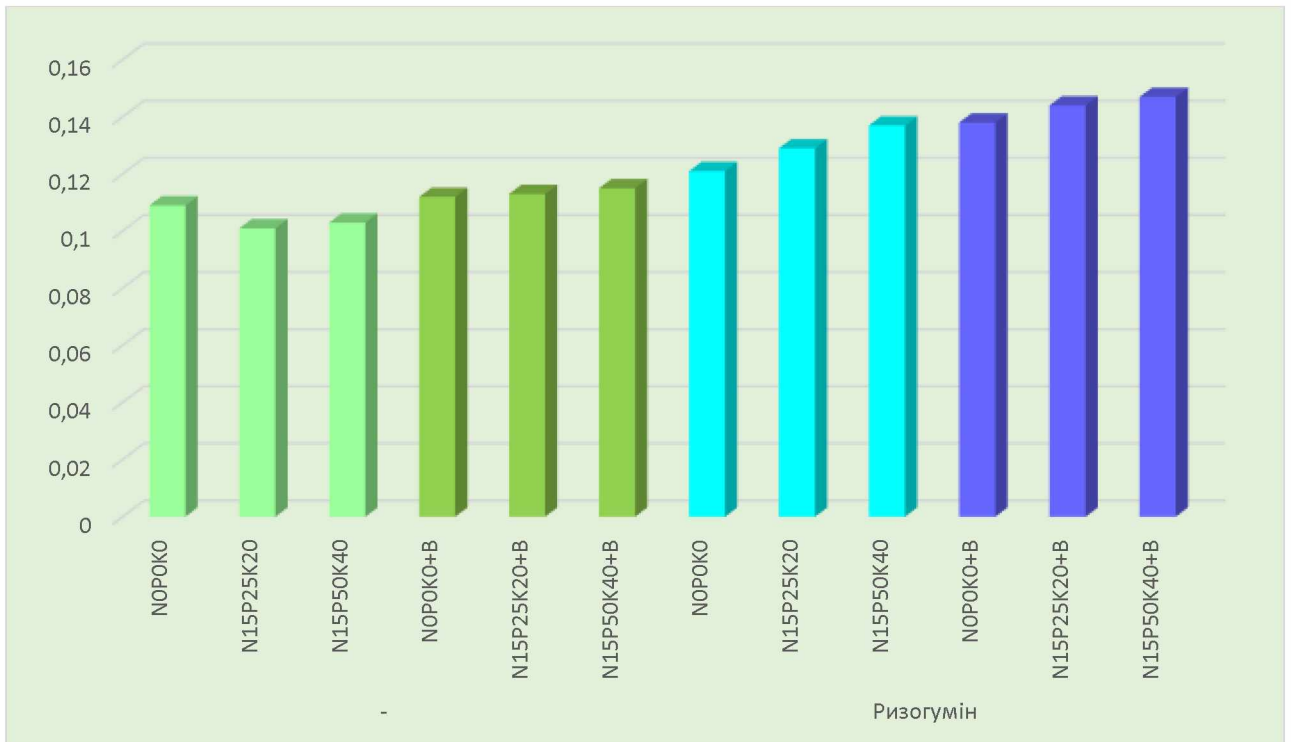


Рис. 3.5. Маса бульбочок з однієї рослини залежно від застосування мінерального удобрення та біопрепарату (фаза цвітіння), шт./росл. (середнє за 2023-2024 рр.)

3.5. Вплив доз і способів внесення мінеральних добрив на індивідуальну продуктивність рослин і урожайність посівів гороху.

Індивідуальна продуктивність рослин виступає як складна взаємодія усіх фізіологічних процесів у рослині 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 гороху. Так проведення позакореневого підживлення рослин бором сприяло збільшенню кількості бобів, насінин у них, маси 1000 насінин порівняно з контролем на 0,2 шт., 0,2 шт., і 2,3 г відповідно. За проведення допосівної інокуляції насіння величини показників, що досліджувалися збільшувалися по відношенню до контролю на 0,1 шт., 0,1 шт., і 1,9 г

відповідно. У варіантах із поєднанням інокуляції насіння і проведення позакореневого підживлення рослин збільшення величин кількості бобів, насінин у них, маси 1000 насінин становило 0,4 шт., 0,3 шт., і 3,2 г відповідно (табл. 3.3).

Таблиця 3.3

Індивідуальна продуктивність рослин гороху залежно від застосування мінерального удобрення та біопрепарату, (середнє за 2023-2024 рр.)

Інокуляція насіння	Удобрення	Кількість бобів, шт. з рослини	Кількість насінин у 1 бобі, шт.	Маса 1000 насінин, г
-	N ₀ P ₀ K ₀	2,7	4,3	246,4
	N ₁₅ P ₂₅ K ₂₀	2,7	4,6	252,4
	N ₁₅ P ₅₀ K ₄₀	2,8	4,9	255,3
	N ₀ P ₀ K ₀ +B	2,9	4,5	248,7
	N ₁₅ P ₂₅ K ₂₀ +B	3,0	4,7	254,4
	N ₁₅ P ₅₀ K ₄₀ +B	3,2	5,1	256,7
Ризогумін	N ₀ P ₀ K ₀	2,8	4,4	248,3
	N ₁₅ P ₂₅ K ₂₀	2,8	4,7	254,3
	N ₁₅ P ₅₀ K ₄₀	2,9	5,1	256,2
	N ₀ P ₀ K ₀ +B	3,1	4,7	249,6
	N ₁₅ P ₂₅ K ₂₀ +B	3,1	5,0	256,8
	N ₁₅ P ₅₀ K ₄₀ +B	3,2	5,3	258,3

Найбільш ефективним виявилось комплексне застосування факторів, що вивчалися. При цьому слід відмітити, що на фоні внесення N₁₅P₅₀K₄₀ поєднання інокуляції насіння і позакореневого підживлення рослин мало вищу ефективність. Сприятливий ефект мінерального удобрення N, P, K може бути безпосередньо обумовлений стимулюючим синергічним впливом даних елементів на вегетативний ріст рослин та формування елементів їх продуктивності.

Інтенсивний ріст надземної частини і кореневої системи рослин, достатній розвиток фотосинтезуючої поверхні рослин, більш високий вміст фотосинтетичних пігментів у листкових пластинках, 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 (табл. 3.4) .

Таблиця 3.4

Урожайність насіння гороху залежно від застосування мінерального удобрення та біопрепарату, т/га (середнє за 2023-2024 рр.)

Інокуляція насіння	Удобрення	Урожайність насіння, т/га		Середнє за 2 роки, т/га
		2023	2024	
-	N ₀ P ₀ K ₀	1,88	1,54	1,71
	N ₁₅ P ₂₅ K ₂₀	1,95	1,67	1,81
	N ₁₅ P ₅₀ K ₄₀	2,13	1,72	1,93
	N ₀ P ₀ K ₀ +B	1,93	1,63	1,78
	N ₁₅ P ₂₅ K ₂₀ +B	2,08	1,69	1,89
	N ₁₅ P ₅₀ K ₄₀ +B	2,17	1,75	1,96
Ризогумін	N ₀ P ₀ K ₀	1,95	1,58	1,77
	N ₁₅ P ₂₅ K ₂₀	2,13	1,73	1,93
	N ₁₅ P ₅₀ K ₄₀	2,21	1,89	2,05
	N ₀ P ₀ K ₀ +B	2,06	1,78	1,92
	N ₁₅ P ₂₅ K ₂₀ +B	2,18	1,86	2,02
	N ₁₅ P ₅₀ K ₄₀ +B	2,34	1,92	2,13

НП_{0,95}, т/га А – 0,06; В – 0,07; АВ – 0,10

Найбільший стимулюючий ефект на формування урожайності насіння був зафіксований у варіанті поєднання інокуляції насіння та позакореневого підживлення рослин бором на фоні внесення $N_{15}P_{50}K_{40}$. Величина урожайності насіння у середньому за роки проведення дослідження у даному варіанті досліду була найвищою (2,13 т/га). Прибавка урожайності насіння гороху від внесення різних доз мінеральних добрив була на рівні 0,10-0,22 т/га.

Інокуляція насіння і проведення позакореневого підживлення рослин давали приріст урожайності насіння порівняно з контролем на рівні 0,06 і 0,07 т/га відповідно, а у варіанті їх поєднання величина даного показника становила 1,92 т/га.

РОЗДІЛ 4

ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРІВ ТА БІОПРЕПАРАТУ У ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ГОРОХУ

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 для агрономії, але і, для збільшення доходів фермерів від виробництва сільськогосподарської продукції [46, 47].

Адаптивна та адекватна технологія має чотири характеристики, а саме: вона технічно доцільна, економічно вигідна, соціально прийнятна і нешкідлива для навколишнього середовища [48].

Характеристики економічної доцільності впровадження тієї чи іншої інновації визначатимуть, чи будуть фермери впроваджувати її, виходячи з характеру відносних переваг порівняно із старою технологією [49].

Аналіз економічної доцільності впровадження біопрепарату на основі азотфіксуючих бактерій, мікродобрива В та мінерального удобрення був здійснений із врахуванням вартості матеріалів та проведених технологічних операцій на базі цін 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 гороху та його економічну ефективність.

Результати досліджень представлені у поданій таблиці показали, що рівень фінансових витрат змінювався залежно від вартості проведення технологічних операцій у кожному варіанті дослідження. Найменшим (20800 грн./га) він у контрольному варіанті, найвищим – у варіанті поєднання усіх досліджуваних факторів (24800 грн./га).

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 варіанті поєднання допосівної інокуляції насіння біопрепаратом на основі азотфіксуючих бактерій і обприскування посівів бором на фоні внесення $N_{15}P_{50}K_{40}$.

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

Залежно від факторів, що вивчалися, величина чистого прибутку у технологічному процесі вирощування гороху змінювалася у межах від 4850-

Собівартість вирощеної продукції при цьому становила 11643-12643 грн, а рентабельність виробництва змінювалася у межах 39,87-51,97 %.

У ході проведення детального аналізу економічної ефективності впровадження пропонованих елементів технології вирощування гороху було

визначено, що серед факторів, які вивчалися у дослідженні найбільш доцільним виявилось поєднання застосування допосівної обробки насіння біопрепаратом на основі азотфіксуючих бактерій із позакореневим підживленням посівів В на фоні внесення $N_{15}P_{25}K_{20}$, де рентабельність виробничого процесу насіння гороху сягала рівня 51,97 % (табл 4.1).

Таблиця 4.1

Економічна ефективність вирощування гороху залежно від застосування мінерального удобрення та біопрепарату, (середнє за 2023-2024 рр.)

Інокуляція насіння	Удобрення	Вартість валової продукції грн./га	Виробничі витрати, грн./га	Умовно-чистий прибуток, грн./га	Собівартість, грн./т	Рентабельність, %
-	$N_0P_0K_0$	25650	20800	4850	12163	39,87
	$N_{15}P_{25}K_{20}$	27150	22650	4500	12513	35,96
	$N_{15}P_{50}K_{40}$	28950	24700	4250	12797	33,21
	$N_0P_0K_0+B$	26700	21200	5500	11910	46,18
	$N_{15}P_{25}K_{20}+B$	28350	23100	5250	12222	42,95
	$N_{15}P_{50}K_{40}+B$	29400	23700	5700	12091	47,14
Ризогумін	$N_0P_0K_0$	26550	21300	5250	12033	43,63
	$N_{15}P_{25}K_{20}$	28950	23500	5450	12176	44,76
	$N_{15}P_{50}K_{40}$	30750	26700	4050	13024	31,10
	$N_0P_0K_0+B$	28800	23500	5300	12239	43,30
	$N_{15}P_{25}K_{20}+B$	30300	24100	6200	11930	51,97
	$N_{15}P_{50}K_{40}+B$	30950	24800	6150	12643	45,41

РОЗДІЛ 5

ЕКОЛОГІЧНА ЕКСПЕРТИЗА

Інтенсифікація виробництва продукції рослинництва, базою якої є застосування пестицидів і хімічних добрив обумовило не тільки зростання продуктивності польових культур, але і погіршення стану довкілля та ґрунтів [50-52]. Дійсно, інтенсивне застосування мінеральних добрив спричинило втрату органічного вуглецю в ґрунті, забруднення навколишнього середовища, надмірну експлуатацію природних ресурсів, втрату біорізноманіття та несприятливі кліматичні зміни.

Мінеральні добрива є одними із найважливіших продуктів сільського господарства. Забезпечуючи рослини поживними речовинами, вони прискорюють їх ріст і розвиток і в той же час грають важливу роль в регулюванні рН і родючості ґрунту. Виробництво та споживання мінеральних добрив зросло разом зі збільшенням чисельності населення і потребою в збільшенні виробництва продуктів харчування [53, 54].

В останні роки споживання добрив систематично зростало, при цьому в 2008/2009 роках відбулося незначне зниження їх використання, що було обумовлено кризою в банківській системі. Збільшення виробництва добрив і внесення їх в ґрунт контрастує з відносно низьким рівнем засвоєння поживних речовин сільськогосподарськими культурами.

Ефективність засвоєння мінеральних компонентів залежить від складних взаємодій в кореневій системі сільськогосподарських культур, ґрунтових мікроорганізмів, хімічних реакцій, що відбуваються в ґрунті, і процесів, що призводять до їх несприятливого виведення з ґрунту [55, 56].

Більшість добрив легко розчиняються у воді. При їх внесення в воду утворюється ґрунтовий розчин із заданою концентрацією мінеральних сполук. Мінерали поглинаються з ґрунту кореневою системою в основному за рахунок масообміну. Щоб зробити це засвоєння більш ефективним, добрива слід вносити на відстані не більше ніж 3-4 см від кореневої системи рослини [57].

Якщо кількість мінералів, що надходять, перевищує здатність рослин засвоювати їх, активізуються процеси, що призводять до зниження їх концентрації. Ці процеси включають як фізичні, так і хімічні реакції (промивання, вилуговування, випаровування, іммобілізацію, заміщення, осадження, гідроліз), а також мікробіологічні перетворення. Так, рівень засвоєння азоту з добрив рослинами становить близько 50 %, з найменшими значеннями (30-35 %) у виробництві риса, і найвищі показники в інтенсивному виробництві кукурудзи [58].

Підраховано, що засвоєння фосфору і калію становить лише 10-25 % і 50-60 % відповідно [59-62]. Низька ефективність засвоєння поживних речовин створює серйозні проблеми з точки зору охорони навколишнього середовища [63]. Це призводить до розсіювання в навколишньому середовищі надлишкових незасвоєних біогенних сполук. Таким чином, починається міграція цих сполук у глобальному аспекті. У багатьох екосистемах наслідки такого розсіювання можна порівняти з геологічними та геохімічними процесами, що тривають мільйони років. Сполуки мінеральних добрив мігрують з ґрунту до водних екосистем разом із поверхневими стоками та внаслідок ерозії та змиву. Це є причиною прискореного забруднення та евтрофікації поверхневих та морських вод [64, 65].

Прискорення темпів цих природних процесів призводить до значного погіршення стану наземних та водних екосистем, надмірного розростання фітопланктону і, як наслідок, заростання та обміління водойм. Повідомлялося [66], що 50-70% забруднення сполуками азоту припадає на сільськогосподарські території водних об'єктів.

Низька ефективність засвоєння поживних речовин спричиняє серйозні проблеми також з точки зору здоров'я людей і тварин [67, 68].

Завдяки ґрунтовим мікроорганізмам мінеральний азот перетворюється на нітрати які легко розчиняються в ґрунті. Пізніше нітрати вимиваються в ґрунтові та поверхневі води. Найбільша потенційна небезпека вимивання нітратів існує на легких ґрунтах. Підвищена концентрація нітратів у воді може

призвести до виникнення захворювань, пов'язаних з метгемоглобіном, що зустрічаються у дітей («синдром дитячої синяви») [69]. Надмірна кількість активного азоту також може спричинити виникнення раку, респіраторних та серцевих захворювань [70], вроджених вад розвитку [71].

Є свідчення, що надлишок азоту може викликати появу алергії та посилювати динаміку виникнення деяких трансмісивних захворювань, таких як вірус Західного Нілу, малярії та холери. Концентрація нітратів і нітрозамінів (похідних нітратів), також була також пов'язана із захворюваннями травної системи [72].

Підвищений рівень нітратів і нітритів у сільськогосподарських культурах, які є основним продуктом харчування для людей і тварин, може негативно впливати на їхнє здоров'я. Було зазначено, що надмірна кількість добрив змінює ступінь засоленості та рН ґрунту, що призводить до його поступової деградації [73].

Сечовина та аміачна сіль, що використовуються як мінеральні добрива, є потенційними джерелами аміаку. Його міграція в суміжні екосистеми порушує або знищує рослинність. Частина аміаку, після перетворення на азотну кислоту, з'єднується з сірчаною кислотою і у вигляді кислотних дощів потрапляє на рослинність та призводить до ерозії та виснаження ґрунтів [74].

В результаті процесів денітрифікації в ґрунті утворюються як оксид азоту (I), так і оксид азоту (II). Їх наявність у атмосфері призводить до виснаження озонового шару, піддаючи живі організми посиленому впливу ультрафіолетового випромінювання [75].

Варто зазначити, що надмірна концентрація мінеральних складових і занадто високий осмотичний тиск ґрунтового розчину призводять до зменшення вмісту води, втрати рослинами тургору та аномального росту культур.

Баланс фосфору в сільському господарстві в багатьох випадках є позитивним [76, 77]. Це означає, що інтенсивне внесення добрив фосфорних добрив призводить до накопичення цього елемента в ґрунті. Основні обсяги

фосфору накопичуються на орних та землях навколо населених пунктів. Амонійні фосфати та суперфосфати, що містять фосфат кальцію, внесені в ґрунт, є легкорозчинними у воді сполуками. Вони легко переміщуються в кислому середовищі і можуть бути використані рослинами як джерело фосфору. В основному середовищі сполуки фосфору міцно зв'язані в фосфорно-ретардаційних реакціях між розчинними фосфатами та іонами алюмінію, заліза, марганцю і кальцію. Ці реакції (сорбція, адсорбція, утримання, фіксування, осадження або іммобілізація) призводять до утворення нерозчинних солей, які не піддаються вимиванню і не вимиваються і не переходять у ґрунтовий профіль. Таким чином, вони суттєво обмежують доступність фосфору для рослин [78, 79].

Така ситуація зумовлює необхідність регулярного забезпечення культурних рослин фосфором. З іншого боку, надмірна кількість фосфору у наземному та водному середовищі негативно впливає на якість води внаслідок прискореної евтрофікації. Крім того, фосфорні добрива містять природні мікробруднювачі (кадмій, хром, свинець, уран і радій), які можуть накопичуватися в удобрених ґрунтах [80].

Виробництво мінеральних добрив саме по собі є ризикованим фактором, під час якого небезпечні речовини потрапляють у навколишнє середовище [81].

До таких речовин належать оксиди сірки, оксиди азоту, сполуки фтору та пил. Низька засвоюваність мінеральних компонентів має несприятливі наслідки і в економічному аспекті питання. Втрати мінеральної сировини, витрачена енергія та людська праця негативно впливають на загальний економічний баланс всього агрохімічного виробництва [82, 83].

Світове виробництво мінеральних добрив становить в середньому близько 200 млн т/рік. Враховуючи засвоєння поживних речовин на безпечному рівні 60-70%, щорічні їх втрати у навколишнє середовище можна оцінити в 60-80 млн т, що відповідає фінансовим втратам у розмірі 18-24 млн. доларів США. У той же час споживання невідновлюваних джерел енергії

(наприклад, природного газу), що використовуються для виробництва мінеральних добрив, також слід додати до споживання невідновлюваних джерел енергії.

У світлі вищезазначених передумов, першочергового значення набувають завдання підвищення ефективності засвоєння поживних речовин та зменшення матеріальних втрат при одночасному обмеженні кількості відходів добрив, що утворюються в промисловістю. Підвищення ефективності використання поживних речовин в результаті в результаті розвитку виробництва і використання добрив були детально обговорені та узагальнені в інших джерелах [84].

Підвищення ефективності засвоєння поживних речовин можна досягти шляхом інтенсифікації діяльності в наступних сферах:

- виробництво рідких добрив як у формі розчину, так і у формі суспензії (виключення сушіння та гранулювання);
- виробництво рідких добрив, виробництво стабілізованих добрив (з нітрифікаторами або інгібіторами уреаз);
- виробництво супергранул карбаміду, що містять поживні речовини P і K для глибокого закладення;
- розробка, виробництво та застосування добрив із з уповільненим вивільненням мінеральних елементів живлення.

Для запобігання ускладнення ситуації, пов'язаної із необґрунтованим використанням мінеральних створено спеціальні національні і міжнародні органи управління і контролю, на які покладено обов'язки щодо забезпечення екологічної безпеки регіону, держави, всього світового суспільства.

Проведення екологічної експертизи дозволяє визначити рівень небезпечного впливу застосованих хімічних сполук на природне середовище. Проведений аналіз дозволяє з'ясувати, час коли почався негативний вплив на навколишнє середовище та відбулося забруднення ґрунтів. Відібрані зразки ґрунту можуть піддаватися дослідженню, в результаті чого може бути виявлено перевищення гранично допустимих концентрацій забруднюючих

речовин. Так, наприклад у ході проведення порівняння зі зразками, відібраними з ділянок, які не зазнали агресивного впливу може бути виявлена наявність певних шкідливих речовин, а саме свинцю, миш'яку, цинку, нікелю, міді, які відносяться до 2-го та 3-го класу небезпечних сполук. Також на базі існуючих даних може бути розраховано розмір шкоди, заподіяної внаслідок псування та засмічення земель. На основі цих даних експерт робить висновок щодо впливу даних речовин на родючість ґрунту і через скільки років можна буде відновити родючість ґрунту.

Проведені дослідження зазвичай мають комплексний характер. Окрім фахівця з ґрунтознавства, у їх проведенні можуть брати участь гідролог, який вивчає стан водних ресурсів.

Екологічна експертиза може бути призначена не лише слідчим, а й ініційована громадськими організаціями, за вимогою яких може бути проведено незалежне дослідження. Його результати також можуть підтвердити високий рівень забруднення конкретної природної локації.

РОЗДІЛ 6

ОХОРОНА ПРАЦІ

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

За охорону праці на підприємстві відповідає інженер з охорони праці. За дотримання правил техніки безпеки безпосередньо на місцях праці відповідають керівники і спеціалісти відповідних підрозділів.

Операції пов'язані з приготуванням, підвезенням та внесенням мінеральних добрив слід виконувати під наглядом спеціаліста із охорони праці.

Щороку до початку проведення польових робіт усі задіяні у технологічному процесі спеціалісти, проходять інструктаж з питань охорони праці та медичний огляд.

Особам, що мають відповідальність щодо транспортування, зберігання та застосування хімічних добрив, необхідно мати спеціальний допуск для проведенні робіт із відповідним обладнанням і засобами. Виконання даних робіт працівниками здійснюється згідно із належно оформленим розпорядженням.

Особи, що мають хронічні захворювання, вагітні й жінки годувальниці а також діти до 18 років до робіт із хімічними добривами не допускаються.

Проведення робіт із мінеральними добривами має бути максимально механізованим. Кожному працівнику на весь період робіт належить мати комплект спецодягу, спецвзуття та засобів індивідуального захисту (протигази, респіратор із змінними патронами, захисні окуляри, рукавички тощо).

Засоби індивідуального захисту вибираються і застосовуються у відповідності до властивостей мінеральних добрив, умов праці та особистого фізичного стану працівників. Захисні засоби зберігаються у окремих персональних шафах, що знаходяться у відповідних приміщеннях.

Особливу увагу слід приділяти вимогам безпеки під час усього процесу використання хімічних добрив (зберігання, навантаження, транспортування, постачання до поля, внесення). До проведення даних технологічних операцій керівник даних робіт повинен провести інструктаж щодо якісної характеристики добрив, а також особливостей їх впливу на організм людини і навколишнє середовище. Також повинен ознайомити працівників із заходами індивідуальної безпеки, правилами охорони праці та правилами дотримання працівниками гігієни праці на робочому місці. Важливим також є ознайомлення працівників з правилами надання домедичної допомоги.

ВИСНОВКИ

1. Поєднання застосування біопрепарату, мінерального удобрення та позакореневого підживлення рослин у фазу гілкування бором виявило позитивний вплив на інтенсивність наростання надземної частини рослин, про що свідчить збільшення параметрів їх висоти і маси. У цьому відношенні найбільш ефективним виявилось застосування біологічного препарату, позакореневого підживлення рослин у фазу гілкування В на фонах внесення $N_{15}P_{25}K_{20}$ і $N_{15}P_{45}K_{40}$.

2. Величина листкової поверхні посівів, продуктивність її фотосинтетичної діяльності визначалися впливом досліджуваних факторів та їх взаємодією. Найвищі їх параметри були забезпечені у варіантах Ризогумін+ $N_{15}P_{25}K_{20}$ +В і Ризогумін + $N_{15}P_{50}K_{40}$ +В.

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 інокуляції насіння, застосування позакореневого підживлення рослин у фазу гілкування В на фонах внесення $N_{15}P_{25}K_{20}$ і $N_{15}P_{50}K_{40}$.

4. Поєднання інокуляції насіння, позакореневого підживлення рослин у фазу гілкування В та внесення мінеральних добрив дозою $N_{15}P_{25}K_{20}$ виявилось найбільш ефективним. У даному варіанті урожайність насіння становила 2,02 т/га, а рентабельність його виробництва знаходилася на рівні 51,97 %.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

Для покращання умов росту і розвитку рослин, формування їх симбіотичного апарату, наростання листкової поверхні посівів, і відповідного підвищення урожайності насіння найбільш доцільно та економічно виправдано є поєднання інокуляції насіння біопрепаратом на основі азотфіксуючих мікроорганізмів, мінерального удобрення з дозою внесення $N_{15}P_{25}K_{20}$ та позакореневого підживлення рослин бором у фазу гілкування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Elzebroek T., Wind K. Guide to cultivated plants. Oxfordshire. UK. <https://doi.org/10.1079/9781845933562.0226>
2. Pavek P. Legume cover crops in orchards – results from the 2013 screening trail. Washington NRCS Plant Materials Technical Note No. 23. March 2014.
3. Chen C., Miller P., Muehlbauer F., Neill K., Wichman D., McPhee, K. (2006). Winter pea and lentil response to seeding date and micro and macro-environments. *Agronomy Journal*. 2006. 98. 1655-1663.
4. Saskatchewan Research Council. Life cycle and socio-economic analysis of pulse crop production and pulse grain use in Western Canada. Saskatchewan Research Council Publication. 2011. 12135-1E11, March 2011.
5. Hoover R., Hughes T., Chung H. J., Liu Q. (2010). Composition, molecular structure, properties, and modification of pulse starches: A review. *Food Research International*. 2010. 43. 399-413.
6. Zhang G., Hamaker, B. R. Slowly digestible starch: Concept, mechanism, and proposed extended glycemic index. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2009. 49. 852-867.
7. Englyst H. N., Kingman S. N., Cummings J. H. (1992). Classification and measurement of nutritionally important starch fractions. *European Journal of Clinical Nutrition*. 1992. 46(Supplement 2), 33-50.
8. Tulbek M. C. Use of dry peas in pasta and noodle: Technology and quality issues. In: Pea flour utilization in pasta and noodle making short course, May 21-25, 2007, Northern Crops Institute Fargo, ND.
9. Tulbek M. C. Beyond wheat? Review of pasta products made with multigrain, pulses, fibres, and other ingredients. In: 2011 AACC international annual meeting, Palm Springs, CA. Tulbek, M. C. (2014). Pulse flours as functional ingredients. In: IUFOST annual conference, Montreal QC, Canada.
10. Abo-Basha O.M.R. Impact of interaction between organic nitrogen and Biofertilizers on quality and productivity of Pea (*Pisum sativum* L.) plants.

- International Journal of Pharm Tech Research. 2016. 9(12). 949-956.
11. Achakzai A.K.K., Bangulzai, M.I. (2006). Effect of various levels of nitrogen fertilizer on the yield and yield attributes of Pea (*Pisum sativum* L.) cultivars. Pakistan Journal of Botany. 2006. 38(2). 331- 340.
 12. Al-Saleem, M.S.S.D. Effect of Application Some Mineral and Organic Nutrients on Growth and Yield of Two Pea (*Pisum sativum* L.) Cultivars. Ph.D. Thesis, College of Agriculture and Forestry, University of Mosul, Iraq. 2017.
 13. AL-Taey D.K.A., AL-Azawi S.S.M., AL-Shareefi M.J.H., AL-Tawaha A.R. Effect of saline water, NPK and organic fertilizers on soil properties and growth, antioxidant enzymes in leaves and yield of lettuce (*Lactuca sativa* var. Parris Island) Res. on Crops. 2018. 19(3). 441-449.
 14. Ashraf M.I.; Pervez M.A.; Amjad M.; Ahmed R., Ayub, M. Qualitative and quantitative response of Pea (*Pisum sativum* L.) cultivars to judicious applications of irrigation with phosphorus and potassium. Pakistan Journal of Life Soc. Science. 2011. 9(2). 159-164.
 15. El-Shaikh K.A.A. El-Dakkak A.A.A., ObiadallAli H.A. Maximizing productivity of some garden Pea cultivars and minimizing chemical phosphorus fertilizer via va-mycorrhizal inoculants. Journal of Horticultural Science and Ornamental Plants. 2010. 2(3). 114-122.
 16. Memon K. S. Soil and fertilizer. Soil Science by Abdul Rashid, Elena Bashir. National Book Foundation, Islamabad. 1996. 292-316.
 17. Farhan, L.D. (2012). The Effect of organic matter and potassium fertilizers on growth and yield of broad bean (*Vicia faba* L.). Diyala Journal of Agriculture Science. 2012. 4(1). 50-61.
 18. Zörb C., Senbayram M., Peiter E. Potassium in agriculture—status and perspectives. J. Plant Physiol. 2014. 656–669. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2013.08.008>
 19. Ragel P. Raddatz N. Leidi E.O. Quintero F.J. Pardo, J.M. Regulation of K⁺ Nutrition in Plants. Front. Plant Sci. 2019. 10. 281.

- <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00281>
20. Li K.-L., Tang R.-J., Wang C., Luan S. Potassium nutrient status drives posttranslational regulation of a low-K response network in Arabidopsis. *Nat. Commun.* 2023. 14. 360. <https://doi.org/10.1038/s41467-023-35906-5>
 21. Wang X.W., Hu W.H., Ning X.L., Wei W.W., Tang, Y.J., Gu, Y. Effects of potassium fertilizer and straw on maize yield, potassium utilization efficiency and soil potassium balance. *Arch. Agron. Soil Sci.* 2022. 69. 679-692. <https://doi.org/10.1080/03650340.2022.2025997>
 22. Pal Y., Gilkes R.J., Wong M.T.F. Soil factors affecting the availability of potassium to plants for Western Australian soils: A glasshouse study. *Soil Res.* 2001. 39. 611-625.
 23. Hoa N.M., Janssen B.H., Oenema O., Dobermann A. Potassium budgets in rice cropping systems with annual flooding in the Mekong River Delta. *Better Crops Plant Food.* 2006. 90. 25-29.
 24. Yang X.E., Liu J.X., Wang W.M., Ye Z.Q., Luo A.C. Potassium internal use efficiency relative to growth vigor, potassium distribution, and carbohydrate allocation in rice genotypes. *J. Plant Nutr.* 2004. 27. 837-852.
 25. DU Q., Zhao X.-H., Xia L., Jiang C.-J., Wang X.-G., Han Y., Wang J., Yu H.-Q. Effects of potassium deficiency on photosynthesis, chloroplast u
l
 26. Ghulam H.A., Javaid A., Rafiq A., Moazzam J., Muhammad Anwar-ul-Haq Shafaqat A., Muhammad I. Potassium application mitigates salt stress differently at different growth stages in tolerant and sensitive maize hybrids. *Plant Growth Regul.* 2015. 76 .111-125.
 27. Tränkner M., Tavakol E., Jákli B. Functioning of potassium and magnesium in photosynthesis, photosynthate translocation and photoprotection. *Plant Physiol.* 2013. 163. 1413-1423. <https://doi.org/10.1093/aob/pls001>
 28. Rufty T.W., Jackson W.A., Raper C.D. Nitrate reduction in roots as affected by the presence of potassium and by flux of nitrate through the roots. *Plant r
i
c*

- Physiol. 1981. 68. 605-609.
29. Chandra G. Nutrient management. *Fundamentals of Agronomy*, 1989, 156.
 30. Rahi P. *Rhizobium indicum* sp isolated from root nodules of pea (*Pisum sativum*) cultivated in the Indian trans-Himalayas. *Systematic and Applied Microbiology*. 2020. 43(5). 126-127.
 31. Suproniene S. Selection of *Rhizobium* strains for inoculation of Lithuanian *Pisum sativum* breeding lines. *Symbiosis*. 2021. 83(2). 193-208. <https://doi.org/10.1007/s13199-021-00747-7>
 32. Herridge D.F. Global inputs of biological nitrogen fixation in agricultural systems. *Plant and Soil*. 2008. 311(1). 1-18.
 33. Galloway J.N. Transformation of the nitrogen cycle: recent trends, questions, and potential solutions. *Science (New York, N.Y.)*. 2008, 320 (5878), 889-892. <https://doi.org/10.1126/science.1136674>
 34. Voisin A.-S. Using an ecophysiological analysis to dissect genetic variability and to propose an ideotype for nitrogen nutrition in pea. *Annals of Botany*. 2007. 100(7). 1525-1536. <https://doi.org/10.1093/aob/mcm241>
 35. Peoples M. The contributions of nitrogen-fixing crop legumes to the productivity of agricultural systems. *Symbiosis*. 2009. 48(1-3). 1-17. <https://doi.org/10.1007/bf03179980>
 36. Muniz A. Symbiotic efficiency of pea (*Pisum sativum*) rhizobia association under field conditions. *African Journal of Agricultural Research*. 2017. 12(32). 2582-2585. <https://doi.org/10.5897/AJAR2017.12257>
 37. Karaca Ü. Effects of different salt concentrations and *Rhizobium* inoculation (native and *Rhizobium tropici* CIAT899) on growth of dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *European Journal of Soil Biology* 2011. 47(6). 387-391. <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2011.07.007>
 38. Lett S., Michelsen A. Seasonal variation in nitrogen fixation and effects of climate change in a subarctic heath. *Plant Soil*. 2014. 379. 193-204.
 39. Ko Latt Z., San Yu S., Kyaw E.P., Mar Lynn T., Thet Nwe M., Mon W.W. Isolation, evaluation and characterization of free living nitrogen fixing

- bacteria from agricultural soils in Myanmar for biofertilizer formulation. *Int J Plant Biol Res.* 2018. 6(3). 1092.
40. Bhargava P., Gupta N., Vats S., Goel R. Health issues and heavy metals. *Austin J Environ Toxicol.* 2017. 3. 3018.
41. Kyaw E.P., Lynn T.M., Ko Latt Z., San Yu S. Isolation, characterization and rapid composting of cellulolytic nitrogen-fixing bacteria for biofertilizer preparation. *Int J Plant Biol Res.* 2018. 6 (4). 1095.
42. Lebrazi S., Benbrahim K.F. (2014) Environmental stress conditions affecting the N₂ fixing rhizobium-legume symbiosis and adaptation mechanisms. *Afr J Microbiol Res.* 2014. 8. 4053–406.
43. Legocki A.B., Bothe H., Bothe B., Pühler A. (1997) Biological fixation of nitrogen for ecology and sustainable agriculture. Springer. 1997. 39.
44. Полтавська область: природа, населення, господарство. Географічний та історико-економічний нарис / За ред. К.О. Маца. Полтава: Полтавський літератор, 1998. 336 с.
45. Мойсейченко В. Ф., Єщенко В. О. Основи наукових досліджень в агрономії. Київ : Вищ. шк., 1994. 334.
46. Swastika D.K.S. Beberapa teknik analisis dalam penelitian dan pengkajian teknologi pertanian. *J. Pengkaj. Dan Pengemb. Teknol. Pertan.* 2004. 7. 90-103.
47. 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. 1528.
48. Saragih B. Peranan teknologi tepat guna dalam pembangunan sistem agribisnis kerakyatan dan berkelanjutan; Seminar II Teknologi Tepat Guna: Bandung, Indonesia, 2000.
49. Rogers E.M. *Diffusion of Innovation*, 5th ed.; The Free Press: A Division Of Simon & Schuster, Inc. 1230: New York, NY, USA, 2003.
50. Khush G.S. Green revolution: Preparing for the 21st century. *Genome* 1999, 42, 646-655. <https://doi.org/10.1139/g99-044>

51. Rohne Till E. A green revolution in sub-Saharan Africa? The transformation of Ethiopia's agricultural sector. *J. Int. Dev.* 2021. 33. 277–315. <https://doi.org/10.1002/jid.3523>
52. Martini E., Buyer J.S., Bryant D.C., Hartz T.K., Denison R.F. Yield increases during the organic transition: Improving soil quality or increasing experience? *Field Crop. Res.* 2004. 86. 255-266. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2003.09.002>
53. Mosier A.R., Syers J.K., Freney, J.R. *Agriculture and the nitrogen cycle: assessing the impacts of fertilizer use on food production and the environment*, St. Louis, MI: Island Press, 2004.
54. Brown L.R. Feeding nine billion. In L.R. Brown, C. Flavin, H. French (Eds.), *State of the world: A Worldwatch Institute report on progress toward a sustainable society*, New York: W.W. Norton & Company, 1999.
55. van Cleemput O., Zapata F. Vanlauwe B. Use of tracer technology in mineral fertilizer management. In: *Guide. Nitr. Managem. Agric. Syst.*, Vienna: IAEA, 2008.
56. Dobermann A. Nitrogen use efficiency - state of the art. In: *Proceedings of the IFA International Workshop on Enhanced-Efficiency Fertilizers*, Frankfurt: IFA, 2005.
57. Smil V.A. Nitrogen in crop production: An account of global flows. *Global Biogeochem. Cycl.* 1999. 3. 647-662. DOI: 10.1029/1999GB900015.
58. Fan X., Li F., Liu, F., Kumar, D. Fertilization with a new type of coated urea: Evaluation for nitrogen efficiency and yield in winter wheat. *J. Plant Nutr.* 2004. 27. 853-865. DOI: 10.1081/PLN-120030675.
59. Hauck R.D. Slow release and bio-inhibitor-amended nitrogen fertilizers. In: O.P. Engelstad (Ed.), *Fert. Technol. Use*, Madison, WI: SSSA, 1985.
60. Shaviv A., Mikkelsen, R.I. (1993). Controlled-release fertilizers to increase efficiency of nutrient use and minimize environmental degradation – a review. *Fert. Res.* 1993. 35. 112.
61. Trenkel M.E. *Controlled-release and stabilized fertilizers in agriculture*, Paris: IFA, 2010.

62. Chien S.H., Prochnow L.I., Tu, S., Snyder, C.S. Agronomic and environmental aspects of phosphate fertilizers varying in source and solubility: an update review. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.* 2011. 89. 229-255. DOI: 10.1007/s10705-010-9390-4.
63. Górecki H. The environmental impact of fertilizer production and use. *Przem. Chem.* 2003. 82(8-9), 833-836.
64. Hofman G., van Cleemput, O. *Nitr. Soil Plant.* Paris: IFA, 2004.
65. Follett J.R., Follett R.F., Herz, W.C. Environmental and human impacts of reactive nitrogen. In: J.A. Delgado, R.F. Follett (Eds.), *Adv. Nitr. Managem. Water Qual.*, Ankeny, IA: SWCS, 2010.
66. EEA Raport No7/2005. Source apportionment of nitrogen and phosphorus inputs into the aquatic environment, Copenhagen: EEA, 2005.
67. Mosier A.R., Syers J.K., Freney, J.R. *Agriculture and the nitrogen cycle: assessing the impacts of fertilizer use on food production and the environment*, St. Louis, MI: Island Press, 2004.
68. Brown L.R. Feeding nine billion. In L.R. Brown, C. Flavin, H. French (Eds.), *State of the world: A Worldwatch Institute report on progress toward a sustainable society*, New York: W.W. Norton & Company, 1999.
69. Newbould P. (1989). The use of nitrogen fertilizer in agriculture. Where do we go practically and ecologically? *Plant and Soil.* 1989. 115. 297-311. DOI: 10.1007/BF02202596.
70. Smith J.E., Beutler E. Methaemoglobin formation and reduction in man and various animal species. *Am. J. Physiol.* 1996. 210(2). 347-350.
71. Shaviv A., Mikkelsen R.I. Controlled-release fertilizers to increase efficiency of nutrient use and minimize environmental degradation – a review. *Fert. Res.* 1993. 35. 1-12. DOI: 10.1007/BF00750215.
72. Forman D. Are nitrates a significant risk factor in human cancer?, *Cancer Surv.* 1989. 8. 443-458.

73. van Cleemput O., Zapata F. Vanlauwe, B. Use of tracer technology in mineral fertilizer management. In: Guide. Nitr. Managem. Agric. Syst., Vienna: IAEA, 2008.
74. Newbould P. The use of nitrogen fertilizer in agriculture. Where do we go practically and ecologically? *Plant and Soil*. 1989. 115. 297-311.
75. Freibauer A. Regionalised inventory of biogenic greenhouse gas emissions from European agriculture. *Eur. J. Agron.* 2003. 19(2). 135-160.
76. Sharpley A.N., Menzel R.G. The impact of soil and fertiliser phosphorus on the environment. *Adv. Agron.* 1987. 41. 297-324.
77. Sims J.T. Phosphorus soil testing: innovations for water quality protection. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 1998. 29. 1471-1478.
78. Hedley M., McLaughlin, M. Reactions of phosphate fertilizers and by-products in soils. In: J.T. Sims, A.N. Sharpley (Eds), *Phosph.: Agric. Environ.*, Madison, WI: CSSA, SSSA, 2005.
79. Chien S.H., Prochnow L.I., Cantarella, H. Recent developments of fertilizer production and use to improve nutrient efficiency and minimize environmental impacts. *Adv. Agron.* 2009. 102.
80. Mortvedt, J.J. Cadmium levels in soils and plants from some long-term soil fertility experiments in the United States. *J. Environ. Qual.* 1987. 16. 137-143.
81. Shaviv A. Advances in controlled release fertilizers. *Adv. Agron.* 2000. 71. 1-49.
82. Matson P.A., Naylor R., Ortiz-Monasterio I. Integration of environmental, agronomic and economic aspects of fertilizer management. *Science*. 1998. 280. 112-115.
83. Craswell E.T., Godwin D.C. The efficiency of nitrogen fertilizers applied to cereals in different climates. *Adv. Plant Nutr.* 1984. 1. 1-9.
84. Roberts T.L. Improving nutrient use efficiency. *Turk. J. Agric. For.* 2008. 32. 177-182.

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

**University of Opole
(Poland) International Slavic
University (Macedonia) Cooperative
Trade University of Moldova**

**Institute of Soil Science and Plant Cultivation State Research
Institute Department of Forage Crop
Production**

Кафедра рослинництва

**МАТЕРІАЛИ ІІІ МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-
ПРАКТИЧНОЇ ІНТЕРНЕТ-КОНФЕРЕНЦІЇ**

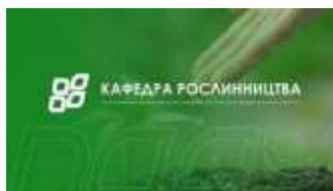
**Актуальні напрями та проблематика у технологіях вирощування продукції
рослинництва**

28 листопада 2024 року

Полтава

2024

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
University of Opole (Poland)
International Slavis University (Macedonia)
Cooperative Trade University of Moldova
Institute of Soil Science and Plant Cultivation State Research Institute
Department of Forage Crop Production



Актуальні напрями та проблематика у технологіях вирощування продукції рослинництва

Матеріали III Міжнародної науково-практичної
інтернет-конференції
28 листопада 2024 року

УДК 631.5:631.8:633

Актуальні напрями та проблематика у технологіях вирощування продукції рослинництва: матеріали III Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції (28 листопада 2024 року, м. Полтава). / Редкол.: В.В. Гангур (відп. ред.) та ін. Полтава: ПДАУ, 2024. 140 с.

У збірнику тез висвітлено результати досліджень, які присвячені сучасним аспектам із розв'язання проблемних питань в аграрній науці, зокрема біологізації рослинництва, інноваційним заходам у технологіях вирощування сільськогосподарських культур. Видання адресоване науковим та науково-педагогічним працівникам, аспірантам, здобувачам вищої освіти, фахівцям агрономічної служби агроформувань різного виробничого напрямку.

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

Микола МАРЕНИЧ – директор навчально-наукового інституту агротехнологій, селекції та екології, доктор сільськогосподарських наук, професор;

Володимир ГАНГУР – завідувач кафедри рослинництва, доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник;

Любов МАРІНІЧ - доцент кафедри рослинництва, кандидат сільськогосподарських наук;

Ольга БАРАБОЛЯ – доцент кафедри рослинництва, кандидат сільськогосподарських наук, доцент;

Олександр КУЦЕНКО професор кафедри рослинництва, кандидат сільськогосподарських наук, професор;

Микола ШЕВНІКОВ – професор кафедри рослинництва, доктор сільськогосподарських наук, професор;

Віктор ЛЯШЕНКО – доцент кафедри рослинництва, кандидат сільськогосподарських наук, доцент;

Олександр АНТОНЕЦЬ – доцент кафедри рослинництва, кандидат сільськогосподарських наук, доцент;

Сергій ФІЛОНЕНКО - доцент кафедри рослинництва, кандидат сільськогосподарських наук, доцент;

Людмила ЄРЕМКО – доцент кафедри рослинництва, кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник;

Світлана ШАКАЛІЙ – доцент кафедри рослинництва, кандидат сільськогосподарських наук, доцент;

Ольга МІЛЕНКО – доцент кафедри рослинництва, кандидат сільськогосподарських наук, доцент;

Марина АНТОНЕЦЬ – доцент кафедри рослинництва, кандидат психологічних наук, доцент;

Олександр ЛЕНЬ – старший викладач кафедри рослинництва, кандидат сільськогосподарських наук.

Відповідальність за зміст поданих матеріалів, точність наведених даних і відповідність принципам академічної доброчесності несуть автори. Матеріали видані в авторській редакції.

Рекомендовано до друку вченою радою навчально-наукового інституту агротехнологій, селекції та екології ПДАУ

© Автори тез, включені до збірника, 2024

© Полтавський державний аграрний університет, 2024

Цінність ягід малини та сучасні способи її переробки Опара Н.М.	94
Охорона праці та техніка безпеки при захисті рослин Єремко Л.С., Жолонко О.В., Жадан М.Ю., Жук В.І.	98
Урожайність нуту залежно від системи удобрення Єремко Л.С., Довгаль Ю.В., Шабельник С.І., Бахтіна Т.О., Огуй М. Ю.	100
Вплив поживного режиму рослин на формування продуктивності гороху Єремко Л.С., Скочко В.В., Бостанджи М., Селіванов С.В., Окара Д.О.	103
Особливості формування продуктивності сої залежно від поживного режиму рослин Гангур В.В., Маслівець О. В.	105
Вплив мікродобрих на елементи структури та врожайність сої Гангур В.В., Петраш В.О.	108
Вплив протруювання насіння на біометричні параметри рослин пшениці озимої Гак Є. О.	111
Продуктивність кукурудзи залежно від добрив Пінько Д.В., Дудник Д.В.	113
Залежність урожайності від показників передпосівної обробки ґрунту лаповими робочими органами Супруненко І. К.	115
Урожайність та якість зерна пшениці озимої залежно від строків сівби Шершило О.О.	117
Шкідники – загроза для рослин сої Гангур В.В., Киричок О.О., Довга М.В.	118
Урожайність посівів ячменю ярого залежно від рівня мінерального живлення Олепін Р. В., Сокол А. Я.	120
Вплив побічної продукції на урожайність і якість зерна кукурудзи Олепін Р. В., Дудла О.М.	122
Ефективність різних способів обробітку ґрунту в технології вирощування сої Шакалій С.М., Кулик Є. І.	124
Основні аспекти щодо вирощування соняшника Шакалій С.М., Попов С. С.	126
Вплив системи удобрення на врожайність льону Шершило Б.О.	129
Практика господарювання за вирощування соняшника Олепін Р. В., Сюда Т. О.	131
Вплив позакореневого підживлення на продуктивність кукурудзи на зерно Лень О.І., Костогриз М.П.	133
Урожайність пшениці озимої залежно від систем удобрення Лень О.І., Рудой В.С.	135
Урожайність ячменю ярого залежно від систем удобрення	

УДК 631.5:633.358

ВПЛИВ ПОЖИВНОГО РЕЖИМУ РОСЛИН НА ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ГОРОХУ

Єремко Л.С., кандидат с.-г. наук, ст. н. с., доцент кафедри рослинництва
e-mail: liudmyla.yeremko@pdau.edu.ua

Довгаль Ю.В., Шабельник С.І., Бахтіна Т.О., Огуй М. Ю. СВО Магістри
за спеціальністю 201 – Агрономія

Полтавський державний аграрний університет

Актуальність теми. У вирішенні проблеми продовольчої безпеки в умовах зростання чисельності населення та підвищення попиту на якісні продукти харчування важливу роль відіграє розширення посівних площ зернобобових культур, як основного джерела білка, макро- і мікроелементів. Незважаючи на те, що білки тваринного походження мають вищий коефіцієнт засвоюваності, споживання рослинних білків відіграє важливу роль у зменшенні прояву патологічних станів організму людини, таких як серцево-судинні захворювання, діабет та порушення ліпідного обміну [1].

Серед зернобобових культур горох має досить широке використання в раціоні харчування людей по всьому світу за рахунок високого вмісту у насінні білків, вуглеводів, вітамінів, мінеральних елементів і незамінних амінокислот лізину та триптофану [2]. Його вирощування підтримує родючість ґрунту завдяки біологічній фіксації азоту повітря в асоціації з симбіотичними азотфіксуючими бактеріями *Rhizobium leguminosarum*, що функціонують у кореневих бульбочках, і, таким чином, відіграє життєво важливу роль у сприянні сталому сільському господарству. Окрім задоволення власних потреб в азоті, горох, як відомо, залишає після себе в ґрунті близько 50-60 кг/га азоту [3].

Вагомим елементом формування високопродуктивних агрофітоценозів даної культури є достатня забезпеченість рослин необхідними поживними речовинами впродовж вегетаційного періоду, однак надмірне використання хімічних добрив не тільки забруднює навколишнє середовище, але й знижує мікробіологічну активність та вміст органічної речовини в ґрунті. Разом з тим їх висока вартість не може зробити сільськогосподарську продукцію економічно вигідною та прибутковою. У цьому відношенні економічно доцільним у використанні і екологічно поновлюваним джерелом доступного азоту для рослин є біодобрива на основі ефективних штамів бактерій *Rhizobium leguminosarum*, інтродукція яких у ґрунт може допомогти посилити азотфіксацію і тим самим підвищити продуктивність гороху [4,5].

Важливим елементом, що забезпечує розвиток кореневої системи, формування симбіотичного апарату та активну азотфіксацію є бор. Разом з тим відмічена його ключова роль у процесах проростання пилку, запліднення і формування плодів. Вчені зазначають, що найкращим способом забезпечення

рослин бором є внесення його в ґрунт, але існує практика застосування позакореневого обприскування посівів даним мікроелементом, що значно зменшує абортивність плодів.

Мета роботи - визначенні впливу різних доз мінеральних добрив, позакореневого підживлення посівів бором та інокуляції насіння біопрепаратом на основі азотфіксуючих бактерій *Rhizobium leguminosarum* на процеси росту і розвитку рослин, їх нодуляційну здатність та величину зернової продуктивності посівів гороху.

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.

Складовими варіантами досліджень були: рівні мінеральногоудобрення - $N_0P_0K_0$, $N_{15}P_{25}K_{20}$, $N_{15}P_{50}K_{40}$, $N_0P_0K_0+B$, $N_{15}P_{25}K_{20}+B$, $N_{15}P_{50}K_{40}+B$ (Фактор А), застосування мікробіологічного препарату на основі азотфіксуючих бульбочкових бактерій *Rhizobium leguminosarum* (Ризогумін) (Фактор В).

Результати досліджень показали позитивний вплив факторів дослідження на ріст, розвиток рослин гороху, формування листкової поверхні посівів та тривалість і продуктивність її функціонування.

Інтенсивний ріст надземної частини і кореневої системи рослин, достатній розвиток фотосинтезуючої поверхні посівів, сприяли збільшенню кількості синтезованих метаболітів і накопиченню сухої речовини рослинами, а також підвищенню значень середньої кількості сформованих на рослинах бобів та насінин у них, маси 1000 насінин. Зростання показників індивідуальної продуктивності рослин обумовили підвищення урожайності насіння.

На величину даного показника найбільш виразним був вплив поєднання інокуляції насіння та позакореневого підживлення рослин бором на фоні внесення $N_{15}P_{50}K_{40}$. Величина урожайності насіння у середньому за роки проведення дослідження у даному варіанті досліду була найвищою (2,13 т/га).

Інокуляція насіння і проведення позакореневого підживлення рослин давали приріст врожаю порівняно з контролем на рівні 0,06 і 0,07 т/га відповідно, а у варіанті їх поєднання величина даного показника становила 1,92 т/га. Прибавка урожайності насіння гороху від внесення різних доз мінеральних добрив була на рівні 0,10-0,22 т/га.

Таким чином, оптимізація поживного режиму рослин гороху за рахунок поєднання мінерального удобрення та застосування біологічного препарату на основі азотфіксуючих бактерій *Rhizobium leguminosarum*, є дієвим прийомом підвищення рівня продуктивності посівів гороху.

Бібліографічний список

1. Yeremko L. Hanhur V., Staniak M. Effect of mineral fertilization and seed inoculation with microbial preparation on seed and protein yield of pea (*Pisum sativum* L.). Agronomy. 2024. 14. 1004. DOI: [10.3390/agronomy14051004](https://doi.org/10.3390/agronomy14051004)

2. Yeremko L., Hanhur V., Len O. The effect of mineral fertilization and seed inoculation on productivity of pea. VIII Konferencja naukowa z cyklu „*Nauka i praktyka – rolnictwo różne spojrzenia*” nt. *Dylematy rolnictwa w XXI w. – szansy i zagrożenia*. PANS w Chełmie, 3-5 czerwca 2024 r., s. 169

3. Сокирко Д.П., Гангур В.В., Єремко Л.С. Вплив елементів технології вирощування на формування симбіотичного апарату зернобобових культур. «Colloquium-journal». 2021. №10 (97). С. 30-32. DOI: 10.24412/2520-6990-2021-1097-30-32

4. Yeremko L., Hanhur V. The effect of mineral fertilizers and plant growth biostimulant on productivity of peas. *Хімія, біотехнологія, екологія та освіта: Збірник матеріалів VIII Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції* (м. Полтава, 15-16 травня 2024 року). Полтава, 2024. 179

5. Єремко Л.С., Гангур В.В. Фотосинтетична діяльність та продуктивність гороху за різної забезпеченості рослин елементами мінерального живлення. *Хімія, екологія та освіта: Збірник матеріалів IV Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції* (м. Полтава, 21-22 травня 2020 року). Полтава, 2020. С. 137-140.

АНОТАЦІЯ

Довгаль Ю.В. Вивчення впливу мінерального удобрення і застосування біопрепарату на основі азотфіксуючих бактерій *Rhizobium leguminosarum* L на формування продуктивності гороху

Дипломна робота на здобуття СВО Магістр.

Кваліфікація: магістр з агрономії за освітньо-професійною програмою Еколого-економічне рослинництво

Обсяг кваліфікаційної роботи: 67 с., 7 табл., 5 рис., 2 додатки, 84 літературних джерела.

Об'єкт досліджень: ріст і розвиток рослин, динаміка формування листової поверхні, наростання свіжої і сухої маси рослин, динаміка формування симбіотичного апарату, величина елементів продуктивності рослин та урожайність зерна посівів гороху залежно від застосування біологічного препарату на основі азотфіксуючих мікроорганізмів та внесення різних доз мінеральних добрив.

Мета роботи: визначення впливу різних доз мінеральних добрив, застосування мікродобрива В у підживленні посівів і біопрепарату на основі азотфіксуючих бактерій *Rhizobium leguminosarum* на процеси росту і розвитку рослин, їх нодуляційну здатність та величину продуктивності посівів гороху.

Результати та їх новизна: Уперше в умовах недостатнього зволоження Лівобережного Лісостепу України науково обґрунтовано методи оптимізації поживного режиму рослин за рахунок поєднання застосування біологічного препарату на основі азотфіксуючих бактерій *Rhizobium leguminosarum* та внесення мінеральних добрив із меншою дозою азоту, як більш екологічно доцільного агроприйому.

Основні наукові та практичні результати: Вивчено вплив азотфіксуючих бактерій *Rhizobium leguminosarum*, внесення різних доз мінеральних добрив, позакореневого підживлення рослин у фазу гілкування В на процеси розвитку рослин гороху, формування листової поверхні та симбіотичного апарату, інтенсивність накопичення надземної органічної біомаси, індивідуальну продуктивність рослин, урожайність насіння.

Удосконалено поживний режим рослин гороху за рахунок оптимізації мінерального удобрення, позакореневого підживлення рослин В та застосування біологічного препарату на основі азотфіксуючих бактерій *Rhizobium leguminosarum*.

Значення роботи та висновки: Для покращання умов росту і розвитку рослин, формування їх симбіотичного апарату, наростання листкової поверхні посівів, і відповідного підвищення урожайності насіння найбільш доцільно та економічно виправдано є поєднання застосування біологічного препарату на основі азотфіксуючих бактерій, мінерального удобрення з дозою внесення $N_{15}P_{25}K_{20}$ та позакореневого підживлення рослин бором у фазу гілкування.

Галузь застосування: 20 Аграрні науки та продовольство.

Перелік ключових слів: горох, урожайність насіння, мікродобриво, мінеральні добрива, бор.