

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

Кафедра рослинництва

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

«ВПЛИВ СИСТЕМИ УДОБРЕННЯ НА
ПРОДУКТИВНІСТЬ ГОРОХУ ПОСІВНОГО
(*Pisum sativum* L.)»

Виконав: здобувач вищої освіти
за ОПП Еколого-економічне рослинництво
спеціальності 201 Агрономія
Ступеня вищої освіти магістр
денної форми навчання
Тур Віталій Валарійович

Керівник: Єремко Людмила Сергіївна канд. с.-г.
наук, доцент кафедри рослинництва

Рецензент: Міщенко Олег Вікторович, канд. с.-г.
наук, професор кафедри землеробства і агрохімії ім.
В.І. Сазанова

Полтава – 2023 рік

ЗМІСТ

	ст
ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ.....	5
РОЗДІЛ 1. МІНЕРАЛЬНЕ ЖИВЛЕННЯ, ЯК КЛЮЧОВИЙ ФАКТОР ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ГОРОХУ	
1.1. Властивості гороху та його роль у народному господарстві.....	10
1.2. Роль мінерального живлення у процесі формування продуктивності гороху.....	12
РОЗДІЛ 2. УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ	
2.1. Характеристика ґрунтових умов місця проведення досліджень.....	17
2.2. Погодні умови місця проведення досліджень	18
2.3. Методика проведення досліджень	20
2.4. Агротехнічні методи вирощування гороху.....	21
РОЗДІЛ 3. ВПЛИВ СИСТЕМИ УДОБРЕННЯ, ЗАСТОСУВАННЯ МІКРОБІОЛОГІЧНОГО ПРЕПАРАТУ НА ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ГОРОХУ	
3.1. Ріст і розвиток рослин гороху за різної забезпеченості поживними речовинами.....	26
3.2. Фотосинтетична продуктивність посівів гороху за різної забезпеченості поживними речовинами	28
3.3. Вплив системи удобрення та мікробіологічного препарату на фотосинтетичну продуктивність посівів гороху.....	30
3.4. Величина симбіотичного апарату рослин гороху за різної забезпеченості поживними речовинами.....	35
3.5. Урожайність гороху за різної забезпеченості рослин поживними речовинами	37
РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМИ УДОБРЕННЯ У АГРОТЕХНОЛОГІЧНОМУ ПРОЦЕСІ ВИРОЩУВАННЯ ГОРОХУ.....	39
РОЗДІЛ 5. ЕКОЛОГІЧНА ЕКСПЕРТИЗА.....	41
РОЗДІЛ 6. ОХОРОНА ПРАЦІ	47
ВИСНОВКИ	51
РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ.....	52
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	53
ДОДАТКИ.....	60

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Ключову роль у подоланні дефіциту забезпеченості населення рослинними продовольчими білковими ресурсами відіграють зернобобові культури, серед яких лідуючі позиції щодо розміщення у сівозмінах займає горох. Горох є важливою поживною культурою, яку часто називають «м'ясом бідняків», що обумовлюється високим вмістом білка, вітамінів і мінеральних елементів, а також пребіотичних вуглеводів. Висока поживна цінність гороху дає йому потенціал для боротьби з «прихованим голодом», тобто глобальною поширеністю дефіциту мікроелементів через переважання в раціоні харчування зернових культур.

Включення гороху у сівозміни забезпечує як економічні, так і екологічні переваги, такі як зменшення витрат на неорганічні азотні добрива та викидів парникових газів, пов'язаних з надмірним використанням неорганічних азотних добрив, через їхню здатність фіксувати N_2 з атмосфери. Інші переваги вирощування даної культури включають виділення азоту та інших поживних речовин у ґрунт через кореневу систему, посилення мікробіологічної активності ґрунту та переривання циклів розвитку шкочинних комах і хвороб.

Таким чином, збільшення виробництва гороху для урізноманітнення раціону харчування може допомогти зменшити прихований голод, а також принести користь у веденні органічного сільського господарства.

Актуальність теми. Передумовою підвищення рівня реалізації генетично обумовленого потенціалу продуктивності гороху є оптимізація умов росту і розвитку рослин, серед яких ключове значення відіграє мінеральне живлення.

На сьогоднішній день існують різні думки щодо удобрення гороху, що беззаперечно пов'язано із неоднаковими вимогами різних сортів щодо забезпеченості елементами мінерального живлення впродовж вегетаційного періоду, наявністю поживних речовин у ґрунті та погодними умовами у рік вирощування, що обумовлюють доступність даних поживних речовин для рослин. Таким чином, рекомендовані норми мінеральних добрив можуть змінюватися у широких межах.

Важливість азоту для гороху, як і для всіх рослин, є безперечно високою. Однак, у той же час існує думка, що горох достатньо удобрювати лише „стартовими” нормами азоту. Разом з тим інші дослідження показали, що в ґрунті з високим вмістом нітратного азоту внесення стартового азоту може мати негативний вплив на проростання гороху, утворення бульбочок та врожайність насіння. Потреба гороху у фосфорі і калію гороху змінюються залежно від умов вирощування.

Разом з тим, як повідомляють вчені, лише невелика частина внесених добрив використовується рослинами, а решта втрачається в навколишньому середовищі, а отже, спричиняє негативний вплив на нього. Тому останнім часом все більше уваги звертається на застосування екологічно безпечних альтернативних підходів, що дозволяють покращити забезпеченість рослин елементами мінерального живлення та зменшити негативний вплив застосування хімічних добрив на екосистеми. Одним із таких методів є застосування біодобрив на основі ефективних азотфіксуючих мікроорганізмів.

Мета і задачі досліджень. Метою нашого дослідження було дослідити вплив застосування різних доз мінеральних добрив, біодобрива на основі активних азотфіксуючих мікроорганізмів на величину морфологічних характеристик рослин гороху та динаміку їх формування впродовж вегетаційного періоду, а також визначити ступінь впливу досліджуваних факторів на величину елементів продуктивності окремих рослин та рівень зернової продуктивності посівів.

Передумовою досягнення заданої мети було:

1. визначення лабораторної і польової схожості насіння гороху;
2. з'ясування впливу мікробіологічного препарату та його поєднання із внесенням різних доз мінеральних добрив на динаміку наростання надземної маси, формування симбіотичного апарату та листової поверхні рослин. та продуктивність її фотосинтетичної роботи;
3. дослідження продуктивності фотосинтетичної роботи асиміляційної поверхні віж застосованих елементів технології вирощування.

4. визначення параметрів складових елементів структури врожаю та урожайності зерна залежно від елементів технології;
5. аналіз параметрів економічної ефективності вирощування гороху за впровадження досліджуваних елементів технології у виробничому процесі виробництва зернової продукції гороху.

Об'єкт досліджень – лабораторна та польова схожість насіння, динаміка наростання надземної частини рослин та їх листкової поверхні, індивідуальна продуктивність рослин та урожайність гороху залежно від застосування мінеральних та біологічних добрив.

Предмет досліджень – сорт гороху Царевич, урожайність зерна, мікробіологічний препарат, мінеральні добрива.

Методи досліджень: польовий – для спостереження за фазами розвитку рослин, визначення їх біометричних показників, насінневої продуктивності та проведення обліку врожаю; лабораторний – для визначення енергії проростання насіння, його лабораторної та польової схожості; статистичний – для проведення дисперсійного аналізу оцінки результатів досліджень; розрахунково-порівняльний – для встановлення економічної ефективності впровадження елементів технології вирощування гороху посівного.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у науковому обґрунтуванні застосування новітніх аспектів у технологічному процесі виробництва зернової продукції гороху посівного на основі оптимізації поживного режиму рослин впродовж вегетаційного періоду за рахунок внесення раціональних доз мінеральних добрив та використання біодобрива на основі азотфіксуючих *Rhizobium leguminosarum* bv. *Pisum* BiNitro Горох СФ.

У ході проведення дослідження нами було визначено вплив досліджуваних факторів на ростові параметри рослин, фотосинтетичну продуктивність посівів, величину синтезованої надземної органічної біомаси і як наслідок – структурних елементів врожаю і рівень зернової продуктивності посівів. Удосконалено технологію вирощування гороху посівного за рахунок

застосування раціональних доз мінеральних добрив та біодобрива основі азотфіксуючих бульбочкових бактерій.

Практичне значення одержаних результатів. Отримані результати досліджень та їх економічна оцінка показують раціональність включення у технологічний процес вирощування гороху застосування біодобрива BiNitro Горох СФ (2,0 л/т) на фоні внесення $N_{20}P_{50}K_{50}$, що надасть можливість підвищити зернову продуктивність гороху до 2,56 т/га та рівень рентабельності виробництва зернової продукції до 40,8 %.

Особистий внесок здобувача. Магістерська дипломна робота є самостійним дослідженням автора. У ході написання роботи автором проведено аналітичний огляд зарубіжної та вітчизняної наукової літератури за науковою тематикою роботи. Закладено та проведено польові та лабораторні дослідження, проаналізовано результати досліджень, на основі яких сформовано висновки та надано рекомендації виробництву.

Апробація результатів роботи. Результати досліджень та основні положення магістерської дипломної роботи оприлюднені і обговорені на ІХ науково-практичній інтернет-конференції «Актуальні напрямки та проблематика у технологіях вирощування продукції рослинництва», Полтава, 23 листопада 2023 р.

Публікації. За результатами досліджень опубліковано 1 тези в збірнику матеріалів міжнародної науково-практичної інтернет-конференції:

1. Єремко Л.С., Тур В.В. Удобрення як фактор підвищення продуктивності гороху посівного. Матеріали ІХ науково-практичної інтернет-конференції «Актуальні напрямки та проблематика у технологіях вирощування продукції рослинництва», Полтава, 23 листопада 2023 року. Полтава, 2023.

Структура та обсяг магістерської дипломної роботи. Загальний обсяг дипломної роботи становить 65 сторінок загального друкованого тексту, містить 11 таблиць. Магістерська дипломна робота складається із вступу, 6 розділів, висновків, рекомендацій виробництву та додатків. Список використаної літератури налічує 104 найменування.

РОЗДІЛ I

МІНЕРАЛЬНЕ ЖИВЛЕННЯ ЯК КЛЮЧОВИЙ ФАКТОР ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ГОРОХУ

1.1. Властивості гороху та його роль у народному господарстві

Pisum sativum L., відомий як польовий горох є важливою зернобобовою культурою, що виступає у якості джерела білка, вітамінів, мінералів та біологічно активних сполук, корисних для здоров'я людини. Горох вирощується майже в усіх країнах світу і вважається невід'ємною частиною людського раціону. Найбільшим виробником гороху у світі є Канада, за нею йдуть Китай, Росія та Індія [1]. Зазвичай горох має два фенотипи, а саме: гладенький та зморшкуватий, а його насіннєва оболонка буває кремово-жовтою, світло-зеленою, зеленою, темно-зеленою, коричневою або оранжево-коричневою. Різниця, що спостерігається в кольорах оболонки гороху, пов'язана з біосинтезом флавоноїдів, який є сортовою ознакою і визначається умовами вирощування. Вміст флавоноїдів у темних зразках насіннєвої оболонки, як правило, вищий, ніж у світлих зразках [2].

Горох має великий вміст лізину, але бракує амінокислот з тіолом, тому його часто споживають разом із зерном для отримання повного набору незамінних амінокислот. Крім того, горох також можна вживати у вигляді паростків та мікрозелені після проростання. Біологічна активність та користь гороху для здоров'я обумовлюються наявністю в рослинах поживних речовин та біологічно активних інгредієнтів. Білки та пептиди гороху мають численні біологічні властивості, такі як регуляція метаболічного синдрому [3-5]. Горох також багатий на харчові волокна, які можуть мати різні переваги для здоров'я, регулюючи мікробний склад кишківника. Горох є хорошим джерелом мінералів та вітамінів. Крім того, ця бобова культура також має великий вміст поліфенолів, особливо флавоноїдів, які проявляють різноманітну біологічну активність [6-8]. Таким чином, горох багатий на поживні речовини та

біологічно активні сполуки і має значний потенціал для створення продуктів для здоров'я або функціональних продуктів харчування.

Харчові білки можуть бути отримані як з тварин, так і з рослин. Хоча попит на тваринні білки завжди високий, прийнято вважати, що тваринні білки є менш екологічно стійкими [9]. Щоб сприяти формуванню стійких харчових звичок, рекомендується зменшити залежність від білків тваринного походження. Крім того, споживання білків з рослин може бути більш корисним, ніж білків тваринного походження. Наприклад, споживання рослинних білків асоціюється зі зниженням смертності від серцево-судинних захворювань [10]. З іншого боку, збільшення споживання м'яса може бути пов'язане з ожирінням, хворобами серця, метаболічним синдромом і раком шлунково-кишкового тракту [11]. В цілому, можна припустити, що попит на цільнозернові бобові продукти буде продовжувати зростати в майбутньому, надаючи величезний шанс для гороху як продукту з високою доданою вартістю. Одним з основних хімічних компонентів гороху, що становить 59,32-69,59% від сухої маси насіння є вуглеводи. Вміст крохмалю в насінні гороху коливається від 39,44% до 46,23%, харчових волокон - від 23,23% до 30,72%, розчинної клітковини - від 3,91% до 8,01%, нерозчинної клітковини - від 19,32% до 23,1%. Насіння гороху багату на білки, вміст яких становить від 20-25% від сухої маси, ліпіди із вмістом 3,06-7,3%, золу – із вмістом 3,07% [12]. Харчові волокна, як основні неперетравлювані вуглеводи, можуть мати різні переваги для здоров'я через регулювання мікробного складу кишківника. Продукти з високим вмістом харчових волокон можуть знижувати рівень холестерину в сироватці крові та глікемічний індекс *in vivo*. Тому горох може бути дієтичним джерелом для профілактики діабету та гіперхолестеринемії [13].

Багато досліджень показали, що горох та його побічні продукти мають значну антиоксидантну активність завдяки наявності різних біологічно активних компонентів (наприклад, поліфенолів, полісахаридів та пептидів) [14]. Горох та його компоненти мають чудові протизапальні властивості, значну антимікробну активність. Результати багатьох експериментів *in vitro* та *in vivo*

показали, що горох та його компоненти ефективно регулюють різні метаболічні розлади.

1.2. Роль мінерального живлення у процесі формування продуктивності гороху

Азот - важлива поживна речовина, яка необхідна рослинам для росту і розвитку у великих кількостях. В країнах, що набули високого індустріального розвитку, високі норми внесення азоту забезпечують максимальну врожайність. За останні 50 років для задоволення сільськогосподарських потреб зростаючого населення використання синтетичних азотних добрив різко зросло [15].

Однак, в залежності від виду культури та ґрунтових умов, рослини поглинають менше половини внесених азотних добрив. Решта мінерального азоту, що надходить до ґрунту може забруднювати водні системи через стоки або вимиті води, або він може піддаватися денітрифікації і виділятися в атмосферу у вигляді закису азоту - потужного парникового газу, що в цілому призводить до негативного впливу на навколишнє середовище та здоров'я людини [16].

З іншого боку, в країнах, що розвиваються, доступ до азотних добрив обмежений, а недостатнє азотне живлення призводить до низької продуктивності сільськогосподарських культур і, в кінцевому підсумку, до зменшення пропозиції продовольства [17].

Ефективність використання азоту рослинами визначається врожайністю насіння рослин відносно кількості внесеного азоту і, як правило, складається з ефективності поглинання азоту та ефективності використання азоту [18].

Ефективність поглинання азоту визначається як загальний вміст азоту в пагонах по відношенню до кількості азоту, внесеного в ґрунт. На поглинання азоту корінням впливає доступність азоту у ґрунті і контролюється процесами асиміляції азоту рослинами та рівнями метаболітів азоту, а також потребою рослин у азоту [19].

Крім того, нещодавні дослідження показали, що процеси транспорту

амінокислот у коренях і пагонах сильно впливають на поглинання і метаболізм азоту, найімовірніше через регуляторний механізм зворотного зв'язку та сигналізацію від пагона до кореня [20].

Ефективність використання азоту визначається як загальна врожайність насіння відносно загального вмісту азоту в пагонах і на неї впливають кілька фізіологічних факторів, зокрема поглинання, метаболізм, розподіл та ремобілізація азоту [21]. Крім того, регульований транспорт азоту в рослині сильно впливає на кількість азоту, що надходить до насіння, і на кінцеву врожайність насіння [22].

Рослини зазвичай поглинають нітрати та амоній з ґрунту, які асимілюються в амінокислоти або в корінні або пагонах, залежно від виду рослини. У бобових культурах, таких як горох, синтез амінокислот відбувається переважно в коренях з послідуочим транспортом по ксилемі до зрілих листків [23].

У листі амінокислота аміно-N використовується для різноманітних метаболічних процесів, тимчасово зберігається у вигляді амінокислот або білка, або завантажується у флоему з метою забезпечення азотом поглиначів, що розвиваються, таких як плоди та насіння. Деякі з амінокислот, що походять від коренів також можуть переноситися з ксилеми у флоему для прямого азотного живлення продохів або виходити з ксилеми вздовж транспортним шляхом для тимчасового зберігання в стеблі [24]. Під час репродуктивної стадії азот, накопичений у стеблі та листках, ремобілізується і транспортується у флоему до квіток, стручків і насіння, що розвиваються [25]. У насінні амінокислоти використовуються зародком для метаболізму та накопичення запасних сполук, таких як білки та крохмаль [26].

У бобових культур, в тому числі і гороху, засвоєння рослинами азоту відбувається двома шляхами – за рахунок симбіотичної фіксації молекулярного азоту та асиміляції натратів ґрунту корінням.

Рослина і бактерії живуть у симбіотичній взаємодії. Бактерії отримують вуглеводи від хазяїна, натомість віддють рослині розчинний азот. Рослина

перемікає гени в ризобію, присутнього в бульбочці, що дозволяє йому перетворювати газоподібний азот на азотисті сполуки, і цей процес відомий як азотфіксація.

Ризобії, присутні в ґрунті або додані до посівного матеріалу, проникають у кореневі і рухаються по інфекційній нитці до кореня бобових рослин. Вони швидко розмножуються в корені, викликаючи набубнявіння клітин кореня, утворюючи бульбочки [27]. Рослина транспортує вуглеводи до бульбочок, які використовуються ризобіями як джерело енергії. Деякі з вуглеводів також використовуються ризобіями як джерело водню для перетворення атмосферного азоту в аміак [28]. Симбіотичні відносини між кореневими бактеріями та бобовими культурами мають високий ступінь специфічності. Він діє на обох рівнях симбіозу, тобто на рівні бульбочкоутворення та азотфіксації, шляхом обміну специфічними хімічними сигналами між двома партнерами [29]. Симбіоз контролюється на молекулярному рівні і можливий завдяки наявності відповідних генів [30].

Як правило, бобово-ризобіальний симбіоз вимагає певної кількості поглинання фосфору для кращої фіксації ризобіями азоту [31]. Тому очікувані механізми для кращого засвоєння фосфору при комбінованому застосуванні ризобію та фосфорних добрив є наступними: (1) Інокуляції насіння бобових культур на фоні внесення фосфорних добрив спочатку покращує здатність *Rhizobium* фіксувати азот; і (2) потім покращує ріст рослин за рахунок покращення характеристик поглинання фосфору корінням рослин, що виражається у збільшенні маси коренів або ексудату. Рондіна та ін. [32] продемонстрували що інокуляція *Rhizobium* покращує поглинання рослинами фосфору із збільшенням площі кореневої поверхні в той час як Umali-Garcia та ін. [33] виявили подібні результати, спричинені збільшенням кореневої біомаси.

Фосфор є одним з найбільш важливих поживних речовин, необхідних гороху для правильного росту і розвитку. Фосфор входить до складу аденозиндифосфату (АДФ), цукрового фосфату, нуклеїнової кислоти, білків і декількох коферментів, які мають велике значення в перетворенні енергії та

метаболических процессах растений. Дефицит фосфора зачастую является наиболее важным фактором плохого формирования клубочков и низкой урожайности бобовых культур. Сообщается, что достаточное обеспечение фосфором благоприятно влияет на лучший рост, урожайность, качество и интенсивность клубочкообразования бобовых культур. Производство гороха на больше, чем на 30% мировых орных землях ограничивается наличием фосфора [34]. Фосфор может быть критическим ограничением для бобовых культур в условиях низкой концентрации питательных веществ, поскольку существует значительная потребность в фосфоре для процесса фиксации азота [35].

Фосфор оказывает усиливающий эффект на рост растений и биологическую урожайность через его важность как накопителя энергии и переносит энергию, необходимую для метаболических процессов. Шарма и Чандра [36] сообщают, что одной из преимуществ питания растений фосфором является образование мощной корневой системы. Фосфор способствует раннему созреванию растений, уменьшает влажность зерна и улучшает качество урожая. Это наиболее чувствительный питательный элемент к уровню pH почвы. Он также повышает эффективность фотосинтеза в растениях, усиливает активность ризобий и увеличивает количество побегов и стручков на растении, а также, увеличивает общий урожай гороха.

Внесение калия имеет важное значение для получения высокой урожайности, поскольку он играет важную роль во многих процессах в растительных клетках. Его часто называют элементом качества для растениеводства через его положительное взаимодействие с другими питательными веществами [37]. Он способствует фотосинтезу и транспорту фотоассимилятов к семенам, а также способствует их превращению в крахмал, белок, витамины [38]. Внесение калия также улучшает вегетативный рост растений и способствует увеличению урожайности [39].

Физиологическая роль калия заключается в том, что он является активатором десятков важных ферментов, которые участвуют во многих физиологических процессах, таких как синтез белка, транспорт сахара, метаболизм азота и углекислого газа и фотосинтез [40, 41]. Калий также является очень важным для роста клеток, который является

досить важливим для функціонування та розвитку рослин [42]. Калій має високу мобільність у рослинах і відіграє важливу роль у регуляції осмотичного тиску в клітинах та збалансуванні катіонів і аніонів у цитоплазмі [43].

РОЗДІЛ 2

УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Характеристика ґрунтових умов місця проведення досліджень

Дослідження із вивчення ефективності застосування мікродобрив і мікробіологічного препарату були проведені на території державного підприємства “Дослідне господарство “Степне” Інституту свинарства і АПВ НААН”.

Загальна площа сільськогосподарських угідь господарства становить 4088 га, із них під орні землі відведено – 3974 га, багаторічні насадження – 87 га, вигони – 27 га.

Більша частина території господарства розміщена на чорноземі типовому малогумусному глибокозакіпаючому (2611 га) та чорноземі малогумусному (1470 га). Решта ґрунтів, загальна площа яких становить 169,0 га - це чорнозем глибокий малогумусний різних ступенів змитості, а в балках - з накладеним відбитком періодичного перезволоження, що відбувається за рахунок посилення водних потоків весною і восени.

Ґрунти території господарства утворилися на лесі, що являє собою пухку, нешарову породу палево-жовтого кольору, збагачену карбонатами кальцію і магнію.

За механічним складом чорнозем типовий малогумусний є важким суглинком. Вміст грубого пилу у ґрунті становить 37 – 43 %, мулуватих часток у ньому – 25 – 38 %. Перерозподіл колоїдних частин по профілю незначний.

Питома вага орного шару ґрунту (0-30 см) становить 2,63 г/см³, загальна пористість – 55,1 – 59,8 %, вологість стійкого в'янення - 8,9-9,4 %, польова

вологоемкість – 29,7-30,5 %, максимальна кількість продуктивної вологи – 19,5-20,4 мм.

За проведеними агрохімічними дослідженнями ґрунт ділянок досліду містить гумусу в горизонті 0-20 см 4,9 – 5,2 %, в горизонті 35-45 см 3,72 – 4,07 % і на глибині 1,5 м – 0,6-0,7 %.

Ємність поглинання орного шару ґрунту становить 33,0 – 35,0 мг-екв. на 100 г ґрунту, реакція ґрунтового розчину слабокисла, рН сольової витяжки 6,3. Гідролітична кислотність знаходиться на рівні 1,6 – 1,9 мг-екв. на 100 г ґрунту.

Орний шар ґрунту містить 5,44 – 8,10 мг азоту, що гідролізується (за Тюріним і Коновою), 10 – 15 мг рухомого фосфору (за Чириковим), 16 – 20 мг на 100 г ґрунту калію (за Масловою).

2.2. Погодні умови місця проведення досліджень

Погодні умови років проведення досліджень характеризувалися нерівномірним розподілом опадів впродовж вегетаційного періоду та дещо підвищеними значеннями середньодобової температури повітря порівняно із середньобогаторічними показниками. У 2022 році початковий розвиток рослин відбувався за умов нижчої середньодобової температури повітря та недостатньої забезпеченості рослин вологою порівняно із середньобогаторічними показниками. Так, у травні повітря прогрілося лише до 15,3 °С, що було нижчим за норму на 0,4 °С. Середньомісячна кількість опадів була на рівні 36,0 мм, у той час як норма кількості опадів за даний час становить 45,5 мм (табл. 2.1).

У червні середньодобова температура повітря зросла до 22,9 °С, що перевищило середньобогаторічні показники на 3,5°С. В цілому за місяць випало 48,6 мм дощу, або 34,5 % від норми.

Липень також видався посушливим із підвищеними значеннями середньодобової температури повітря порівняно із середньобогаторічною нормою на 2,0 °С. Разом з тим, місячна кількість опадів у цьому місяці становила 87,4 % від середньобогаторічних значень. Слід звернути увагу на

досить нерівномірний розподіл опадів за місяць. Здебільшого вони випадали у вигляді коротких злив. У полуденний час повітря прогрівалося до 38,2 °С, у той час як середньобігаторічні значення даного показника не перевищували 33,2 °С. У серпні повітря прогрівалося до 21,8 °С, а кількість опадів становила 68,3 мм, із випаданням їх основної частини наприкінці місяця.

Таблиця 2.1

**Значення температури повітря та кількості опадів за
вегетаційний період 2022 року**

Показники	Місяці				
	квітень	травень	червень	липень	серпень
Фактична середньодобова температура повітря, °С за місяць	8,4	15,3	22,9	23,2	21,8
Середньодобова температура, норма за місяць	9,3	15,7	19,4	21,2	20,1
Абсолютний максимум t повітря, °С фактично	25,4	29,3	33,1	38,2	34,1
норма	22,4	28,0	31,0	33,2	32,7
Абсолютний мінімум t повітря, °С фактично	-3,8	3,3	7,8	12,3	8,4
норма	-3,7	2,1	6,8	9,9	8,5
Опади, мм фактично за місяць	45,6	36,0	48,6	53,4	68,3
Опади, мм багаторічна норма за місяць	31,2	45,5	65,2	61,1	42,7

Погодні умови вегетаційного періоду 2023 року характеризувалися контрастністю. Так, квітень характеризувався помірним прогріванням повітря та достатньою вологозабезпеченістю. Температура повітря у травні підвищувалася достітно інтенсивно. Її значення перевищували норму на 0,6 °С, натомість кількість опадів була на 8,6 мм меншою за середньобагаторічні показники. (табл. 2.2). Червень характеризувався достітно добрими умовами для росту і розвитку рослин за рахунок середньодобової температури повітря у межах норми, та досить високої кількості опадів (86,2 мм).

Таблиця 2.2

**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	8,6	16,2	19,5	21,3	21,4	
Середньодобова температура, норма за місяць	9,3	15,7	19,4	21,2	20,1	
Абсолютний максимум t повітря, °С	фактично	23,1	31,4	33,6	35,9	35,9
	норма	22,4	28,0	31,0	33,2	32,7
Опади, мм фактично за місяць	20,2	36,9	86,2	25,3	63,2	
Опади, мм багаторічна норма за місяць	31,2	45,5	65,2	61,1	42,7	

Впродовж липня і серпня погода була спекотною. Кількість опадів у липні становила 25,3 мм, або 41,4 від норми. При цьому повітря прогрівалося до 25,5 °С, а у полуденні часи – до 37,9 °С. У серпні випало 63,2 мм дощу при нормі 42,7 мм, що значно покращило умови формування і наливу зерна. Разом з тим температура повітря перевищувала середньобагаторічні значення на 1,7 °С.

2.3. Методика проведення досліджень

Експериментальні дослідження за тематикою магістерської роботи проводилися впродовж 2022-2023 рр. і були розташовані на території державного підприємства “Дослідне господарство “Степне” Інституту свинарства і АПВ НААН”.

У них передбачалося вивчення процесів формування продуктивності рослин гороху за різних умов забезпеченості елементами мінерального живлення. Основними факторами вивчення були (фактор А) - внесення мінеральних добрив P₃₀K₃₀, P₅₀K₅₀, N₂₀P₃₀K₃₀, N₂₀P₅₀K₅₀; (фактор В) - застосування біодобрива BiNitro Горох СФ (2,0 л/т), основою якого є азотфіксуючі бульбочкові бактерії *Rhizobium leguminosarum* bv. *Pisum* у допосівній обробці насіння. Схема розміщення варіантів і повторень у досліді

була систематичною із чотириразовою повторністю. Площа однієї ділянки становила 40 м².

Процес виконання експерименту складався із:

- фенологічних спостережень за виконання “Методики державного сортовипробування сільськогосподарських культур”. Початок фази фіксували, коли її набували 10 % рослин посіву, а час настання повної фази зазначали у день, коли 75 % рослин доходили до даної фази розвитку [46, 47].
- замірів висоти рослин на зафіксованих 25 рослинах в двох несуміжних повторностях [46, 48].
- визначення величин площі листової поверхні, фотосинтетичного потенціалу (ФП) і чистої продуктивності фотосинтезу (ЧПФ) згідно методики А.А. Ничипоровича [49].
- спостережень за динамікою зміни абсолютно-сухої маси рослин за використання термостатно-вагового методом [50].
- визначення індивідуальної продуктивності рослин та загальної зернової продуктивності посіву за посібником із назвою „Методические указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами” [51, 52].
- розрахунків показників економічної ефективності застосування різних рівнів удобрення обґрунтованих методичними рекомендаціями із назвою „Біоенергетична ефективність вирощування кукурудзи на зерно [53-55].

2.4. Агротехнологічні методи вирощування гороху

Вагомою складовою системи агротехнологічного процесу вирощування культури є розміщення її у сівозміні. Сівозміна є основою для проведення системи обробітку ґрунту, внесення мінеральних добрив, захисту від бур'янів, шкочинних та фітопатогенних організмів.

Розміщення гороху у сівозміні обґрунтується його біологічними хараткрістками. Дана культура за рахунок здатності вступати у симбіотичні взаємовідносини із бульбочковими бактеріями має специфічну біологічну властивість покращувати біологічні, фізичні і хімічні властивості ґрунту. Разом

з тим, розвиток і функціонування їх кореневої системи пов'язаний із розчиненням фосфорнокислих та інших важкорозчинних сполук та покращанням їх доступності для рослин [69].

У сівозміні горох звичайно розташовується після озимої пшениці, озимого жита, картоплі, цукрових буряків, кукурудзи, після збирання яких поле за дотримання агротехнічних вимог вирощування зазвичай залишається чистим від бур'янів. Дану культуру недоцільно вирощувати після соняшнику, багаторічних бобових і злакових трав, зернобобових культур, однорічних трав з бобовими компонентами. Строк повернення гороху на те ж саме місце становить п'ять-шість років. У дослідженні попередником гороху була пшениця озима.

Агротехнічні прийоми у системі основного обробітку повинні бути спрямованими на ретельне очищення поля від бур'янів та його вирівнювання. У основний обробіток ґрунту потрібно провести лушення стерні і оранку. На малозасмічених площах перед проведенням оранки необхідно провести одноразове лушення стерні за допомогою дискового луцильника ЛДГ-10 на глибину 7–8 см [56, 57].

У разі появи коренепаросткових бур'янів, представлених осотом польовим, осотом рожевим, березкою польовою, через 14 днів потрібно провести повторне лушення за допомогою лемішних знарядь на глибину 10–12 см, і вже потім необхідно провести оранку із використанням плугів із передплужниками.

Щоб подолати коренепаросткові бур'яни після озимих і ранніх ярих зернових та кукурудзи на силос, важливо провести комплексний обробіток ґрунту та внести гербіциди групи 2,4 Д, 2М4Х, діючою речовиною яких є дихлорфеноксоцтова кислота, що має форму диметиламіної солі (2–3 кг/га у д.р.) [58].

У даному випадку після збирання попередника необхідно провести лушення стерні на глибину 10-12 см, а через 10-15 днів, коли масово з'являться

розетки бур'янів необхідно здійснити обприскування площі гербіцидами та провести оранку за 12–15 діб по тому.

У разі засмічення ґрунту кореневищними бур'янами, система обробітку ґрунту може складатися із наступних операцій: першою з яких має бути дискування площі вздовж і впоперек на глибину 10–12 см важкими дисковими боронами БДТ-7,0, а у фазі появи шилець пір'ю – проведення оранки на глибину 25–27 см. У разі засміченості поля багаторічними бур'янами, глибину оранки потрібно збільшити до 25–27 см, а в інших випадках її глибина може не перевищувати 20–22 см [58].

Під час передпосівного обробітку ґрунту необхідно сформувати добре розпушений дрібногрудкуватий шар ґрунту із глибиною 8–10 см та вирівняти посівну площу задля збереження оптимальних параметрів глибини загортання насіння [59].

Щоб зменшити інтенсивність висушування верхнього шару ґрунту, навесні можна зменшити кількість агротехнологічних операцій за рахунок виключення боронування. На час досягання ґрунту на вирівняних незапливаючих площах можна одразу ж провести сівбу. Можливим також є проведення лише однієї передпосівної культивуації на рекомендовану глибину висіву насіння (3–4 см) робочими органами типу бритв із двома рядами посівних або сітчастих борін.

Горох потребує достатньої забезпеченості поживними речовинами впродовж всього вегетаційного періоду [60]. Для формування одного 1 ц зерна й відповідної кількості надземної маси рослинам гороху необхідно поглинути 4,5–6,0 кг азоту, 1,7–2,0 кг фосфору, 3,5–4,0 кг калію, 2,5–3,0 кг кальцію, 0,8–1,3 кг магнію та мікроелементи, в основному молібден і бор.

Дози внесення мінеральних речовин розраховуються із урахуванням наявності їх у ґрунті, потреби рослин у них, та коефіцієнтів винокостання елементів рослинами із ґрунту та добрив [61, 69].

Сіють горох ранньою весною, коли досягне ґрунт. Це покращує використання рослинами продуктивної осінньо-зимової вологи з ґрунту.

Тривалість періоду між проведенням передпосівного обробітку ґрунту і сівбою має бути мінімальною. Сівбу гороху проводять звичайним рядковим способом. Норма висіву насіння може змінюватися залежно від сортових особливостей від 0,8 до 1,6 млн схожих насінин на 1 га [63].

За недостатньої вологозабезпеченості ґрунту необхідно провести післяпосівне коткування, що дозволяє підтягнути капілярну вологу до поверхневого шару ґрунту.

Через чотири-сім днів після сівби необхідно провести досходове боронування, однак воно не повинно проводитися пізніше як за три дні до сходів гороху. Проведення досходового боронування надає можливість знищити близько 80% бур'янів у фазі білої ниточки [64].

Післясходове боронування слід провести у фазі трьох-п'яти листків. Перший раз боронування проводиться у фазі двох-трьох листків, коли рослини досягнуть висоти 4–5 см. Другий раз поле боронують у фазі трьох-п'яти листків, за висоти рослин 7–10 см.

Проведення одного досходового і одного-двох післясходових боронувань надає можливість знищення 60–80% однорічних бур'янів, ліквідації поверхневої кірки, якісного розпушення ґрунту, зменшення витрат вологи із ґрунту [65].

Найбільш ефективним у боротьбі з бур'янами є комплексне проведення агротехнічних і хімічних заходів боротьби [66].

Догляд за посівами повинен бути спрямованим також і на боротьбу із хвороботворними та шкочинними мікроорганізмами. Дотримання чергування культур у сівозміні, вчасне проведення всіх агротехнологічних операцій надає можливість значно знизити ураженість рослин аскохітозом, борошнистою росею, іржею [67].

Ефективним хімічним засобом боротьби із хворобами є протруєння насіння препаратом Максим XL 035 FS та бордоською рідиною.

У боротьбі з брухусом, ефективними є Карате (150 г/га на 200 л води), БІ-58 новий (0,9 л/га) або Фастак (0,1л/га) за проведення ними обприскування

посівів гороху у фазах бутонізації і цвітіння. Для знищення бульбочкових довгоносиків проводиться передпосівне протруювання насіння. За один-два дні до появи сходів гороху рекомендовано проведення хімічної обробки країв посівів (близько 50–100 м) та ділянок із багаторічними травами чи рештками рослин розташованими поряд препаратами Карате (200 г/га на 200 л води), БІ-58 новим (1 л/га) або Фастаком (0,1 л/га) [68, 69].

Після сходів можна також провести обприскування посівів даними препаратами у тих же дозах. Ефективним прийомом у боротьбі із гороховою плодожеркою є своєчасне проведення своєчасно глибокої оранки, сівби та знищення залишків врожаю в місцях проведення обмолоту.

Збирання гороху необхідно проводити прямими комбайнуванням за досягнення зерном вологості на рівні 16–18% із попередньою (за 7 днів до збирання) десикацією Реглоном у дозі 2-3 л/га, надає можливість скоротити втрати врожаю. Препарат застосовують коли починають жовтіти рослини, а боби на них набувають жовто-бурого забарвлення. Очищене зерно відправляють на зберігання за вологості, що не перевищує 14–15%. На зелений корм горох косять у фазі цвітіння, а на силос і сінаж – до початку утворення бобів [69].

РОЗДІЛ 3

ВПЛИВ СИСТЕМИ УДОБРЕННЯ, ЗАСТОСУВАННЯ МІКРОБІОЛОГІЧНОГО ПРЕПАРАТУ НА ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ГОРОХУ

3.1. Ріст і розвиток рослин гороху за різної забезпеченості поживними речовинами

Рівномірність розміщення рослин на одиниці площі залежить від його схожості. У свою чергу схожість насіння пов'язана з його якісними характеристиками, а саме енергією проростання і чистотою. Низька польова схожість є причиною значного подовження періоду проростання насіння та зрідження сходів. Сам процес проростання насіння складається із декількох взаємопов'язаних і взаємозалежних фаз - пасивною, у ході якої відбувається поглинання ґрунтової вологи насінням і наступне його набубнявіння та наклёвування, та фазою проростання у ході якої активуються ростові процеси [70].

Вагомим екзогенним чинником та пусковим фактором процесів проростання насіння є надходження до нього вологи, що приводить до бубнявіння. Процес проростання насіння розпочинається із наклёвування, внаслідок чого з'являється зародковий корінець, який розриває насіннєві оболонки. На початкових етапах розвитку рослин прирости корінця є вищими, порівняно із приростами пагонів. Корінець прориває насіннєву оболонку, заглиблюється у ґрунтове середовище і надалі починає поглинати воду із розчиненими у ній поживними речовинами. Разом з корінцем, росте і стебло. Невдовзі воно з'являється над поверхнею ґрунту. У разі проведення допосівної інокуляції насіння мікробіологічними препаратами поверхнєві глікополімери ризобій комплементарно зв'язуються із ділянками кореневих волосків рослини, і таким чином відбувається формування симбіотичної системи та її функціонування [70, 71].

У ході проведених нами досліджень був відмічений позитивний вплив мікробіологічного препарату на появу сходів гороху і його початковий розвиток (табл 3.1).

Таблиця 3.1

Енергія проростання та лабораторна схожість насіння гороху залежно від застосування мікробіологічного препарату, середнє за 2022-2023 рр.

Варіант	Енергія проростання, %	Схожість, %
Контроль	81	91
BiNitro Горох СФ	89	94

Проведення інокуляції насіння біологічним препаратом BiNitro Горох СФ пришвидшувало появу сходів за рахунок підвищення значень показників енергії проростання та схожості на 8% і 3% відповідно.

Поява дружніх сходів визначає формування посівів з оптимальними оптико-біологічними параметрами. Як правило польова схожість насіння визначається генетичними характеристиками сорту та змінюється залежно від впливу абіотичних та біотичних чинників навколишнього середовища та застосованих елементів технології вирощування.

В цілому у дослідженні значення польової схожості насіння варіювали у межах від 82,1 до 85,8%. Відмічений позитивний вплив мінерального удобрення та допосівної інокуляції насіння на появу сходів гороху. У варіантах із внесенням мінеральних добрив польова схожість насіння підвищувалася порівняно з контролем на 1,8-2,8%. У варіантах поєднання застосування мінеральних добрив і біодобрива значення польової схожості насіння перевищували контрольний варіант на 2,1-3,7%.

Значення даного показника були найвищими за проведення інокуляції насіння на фоні внесення мінеральних добрив у дозі $N_{20}P_{50}K_{50}$ (табл. 3.2).

Таблиця 3.2

**Польова схожість насіння гороху залежно від сортових особливостей,
застосування мікробіологічного препарату та мікродобрива, %
(середнє за 2022-2023 рр.)**

Варіанти застосування мікробіологічного препарату	Варіанти внесення мінеральних добрив	Польова схожість насіння, %
Без допосівної обробки насіння	-	82,1
	P ₃₀ K ₃₀	83,9
	P ₅₀ K ₅₀	84,1
	N ₂₀ P ₃₀ K ₃₀	84,8
	N ₂₀ P ₅₀ K ₅₀	84,9
BiNitro Горох СФ	-	82,7
	P ₃₀ K ₃₀	84,2
	P ₅₀ K ₅₀	84,6
	N ₂₀ P ₃₀ K ₃₀	85,3
	N ₂₀ P ₅₀ K ₅₀	85,8

3.2. Фотосинтетична продуктивність посівів гороху за різної забезпеченості поживними речовинами

Ключовими факторами, що визначають інтенсивність проходження ростових процесів є мінеральне живлення та забезпеченість вологою рослин. У ході вегетаційного періоду інтенсивність ростових процесів збільшується, однак за несприятливих умов ріст може навіть призупинитися, що може негативно відобразитися на зерновій продуктивності посівів. Пов'язано це із досить сильною прямою залежністю урожайності зерна та інтенсивністю накопичення рослинами надземної біомаси і відповідно їх лінійними приростами у висоту. Інтенсивне наростання надземної частини рослин сприяє збільшенню їх фотосинтезуючої поверхні і разом з тим рівня поглинутої енергії фотосинтетично активної радіації.

У ході проведення досліджень було виявлено закономірне підвищення інтенсивності наростання надземної частини рослин від початку періоду вегетації до фази цвітіння. Незначні темпи накопичення надземної частини

рослинами у початковий період розвитку здебільшого були пов'язані із спрямуванням синтезованих органічних сполук у зону кореневої системи для підтримання її розвитку. Темпи проросту надземної частини рослин були найбільш інтенсивними від фази гілкування до фази цвітіння. За цей період висота рослин збільшилася в цілому по досліді на 31,9-40,6 см (табл 3.3).

Таблиця 3.3

Висота рослин гороху залежно від застосування мікробіологічного препарату та системи удобрення, см (середнє за 2022-2023 рр.)

Варіанти допосівної обробки насіння	Варіанти внесення мінеральних добрив	Фази росту і розвитку рослин				
		гілкування	бутонізація	цвітіння	формування бобів	повна стиглість
Без допосівної обробки насіння	-	11,3	28,9	43,2	46,4	48,5
	P ₃₀ K ₃₀	12,7	29,3	49,2	53,2	55,6
	P ₅₀ K ₅₀	13,4	31,2	51,3	55,2	56,2
	N ₂₀ P ₃₀ K ₃₀	14,7	32,5	53,4	56,5	58,4
	N ₂₀ P ₅₀ K ₅₀	15,2	34,2	55,8	56,9	59,2
BiNitro Горох СФ	-	11,9	30,7	46,8	47,5	49,3
	P ₃₀ K ₃₀	13,0	31,4	52,1	56,8	58,4
	P ₅₀ K ₅₀	13,9	32,5	53,7	57,4	58,8
	N ₂₀ P ₃₀ K ₃₀	15,1	33,8	54,9	59,3	60,3
	N ₂₀ P ₅₀ K ₅₀	16,5	35,2	56,9	59,8	61,2

Від фази цвітіння і до повної стиглості темпи наростання надземної частини зменшувалися. Від фази цвітіння до фази формування бобів висота рослин в цілому по досліді збільшувалася лише на 0,7-4,7 см.

Інтенсивність лінійних приростів рослин у висоту були тісно пов'язаними із їх поживним режимом. Найбільш інтенсивне наростання рослин у висоту було у варіантах збільшення рівня забезпеченості рослин елементами мінерального живлення до N₂₀P₅₀K₅₀. У цьому варіанті висота рослин у фазі формування бобів перевищувала контроль на 10,5 см.

Проведення допосівної інокуляції насіння покращувало умови мінерального живлення рослин, що у свою чергу позначалося на темпах їх лінійних приростів. На це вказує підвищення значень висоти рослин на 6,0-15% порівняно із варіантами внесення мінеральних добрив.

3.3. Вплив системи удобрення та мікробіологічного препарату на фотосинтетичну продуктивність посівів гороху

Ключовим чинником підвищення рівня зернової продуктивності посівів є покращання умов формування листкової поверхні, що забезпечує достатній рівень поглинання нею енергії фотосинтетично активної радіації та перетворення її на органічні сполуки, необхідні для створення рослинами наземної біомаси і розвиненої кореневої системи.

У ході проведення досліджень було виявлено нерівномірне збільшення листкової поверхні впродовж вегетаційного періоду. На початкових етапах розвитку рослин листкова поверхня збільшувалася незначними темпами. Її найбільш інтенсивні прирости були відмічені від фази гілкування до фази цвітіння. За цей час площа листкової поверхні рослин гороху збільшилася в цілому по досліді на 16,0-20,0 тис. м²/га. Максимальних розмірів листкова поверхня досягала у фазу формування бобів. У даній фазі в залежності від агротехнологічний прийомів, що вивчалися, площа листкової поверхні рослин гороху становила 37,6 - 42,2 тис. м²/га. Від фази формування бобів до фази наливу зерна було відмічено поступове зменшення величини листкової поверхні до 30,5-34,2 тис. м²/га. Дане явище було пов'язано із висиханням прилистників і вусиків нижніх і середніх ярісів, і відповідним відтоком органічних сполук до насіння.

Темпи проросту листкової поверхні рослин гороху значно змінювалися залежно від забезпеченості рослин елементами мінерального живлення. Як свідчать результати досліджень, збільшення рівня мінерального удобрення покращувало умови формування листкової поверхні рослин, та відповідне її збільшення. Найвищими значення даного показника були у варіанті мінерального удобрення N₂₀P₅₀K₅₀ а перевищення порівняно з контролем у фазі формування бобів становило 3,2 тис. м²/га. Застосування біодобрива BiNitro Горох СФ сприяло покращанню умов становлення бобово-ризобіального симбіозу та відповідно підвищувало рівень забезпеченості рослин азотом. Покращання поживного режиму рослин, у свою чергу сприяло

підвищенню темпів наростання асиміляційного апарату. У варіанті проведення допосівної інокуляції насіння величина площі листкової поверхні у фазі формування бобів збільшувалася порівняно з контролем на 0,5 тис. м² (табл 3.4).

Таблиця 3.4

Площа листкової поверхні гороху залежно від застосування мікробіологічного препарату та системи удобрення, тис. м²/га (середнє за 2022-2023 рр.)

Варіанти допосівної обробки насіння	Варіанти внесення мінеральних добрив	Фази росту і розвитку рослин				
		гілкування	бутонізація	цвітіння	формування бобів	налив зерна
Без допосівної обробки насіння	-	9,6	19,7	25,6	37,6	30,5
	P ₃₀ K ₃₀	10,4	21,3	27,2	38,5	31,6
	P ₅₀ K ₅₀	10,8	22,1	27,8	39,2	32,4
	N ₂₀ P ₃₀ K ₃₀	11,3	23,2	29,3	40,4	33,2
	N ₂₀ P ₅₀ K ₅₀	11,9	23,9	30,4	40,8	33,8
BiNitro Горох СФ	-	9,9	21,2	26,8	38,1	31,7
	P ₃₀ K ₃₀	10,7	22,5	28,2	39,5	32,3
	P ₅₀ K ₅₀	11,2	23,2	29,7	39,9	32,8
	N ₂₀ P ₃₀ K ₃₀	12,4	23,9	31,3	41,2	33,4
	N ₂₀ P ₅₀ K ₅₀	12,8	24,5	32,8	42,2	34,2

У варіантах проведення мінерального удобрення умови формування листкової поверхні рослин гороху покращувалися, причому відмічалася закономірне збільшення розмірів листкової поверхні по мірі підвищення дози внесення мінеральних добрив.

Для покращання забезпеченості рослин основними макроелементами раціональним прийомом виявилася комплексне застосування біодобрива та мінеральних добрив у дозі N₂₀P₅₀K₅₀. У даному варіанті впродовж вегетаційного періоду рослини формували найбільш розвинену листкову поверхню.

Реалізації потенціалу продуктивності певного сорту чи гібриду визначається не тільки ступенем розвитку листкової поверхні, а й тривалістю її перебування у активному стані, що визначає фотосинтетичний потенціал посіву. Його величина показує сумарну площу фотосинтезуючих елементів посіву за період вегетації рослин, а також відображає інтенсивність процесів

росту і розвитку рослин, залежно від впливу чинників навколишнього середовища.

Підвищити продуктивність агроценозу можливо за створення оптимальних умов розвитку рослин, формування листкової поверхні достатніх розмірів та збереження її в активному стані найбільш тривалий період. Це надає можливість збільшити рівень поглинання рослинами енергії фотосинтетично активної радіації та оптимізувати її використання у процесі фотосинтезу.

У ході проведення досліджень було визначено позитивний вплив факторів, що вивчалися на процес формування та функціонування листкової поверхні рослин. У варіантах із внесенням мінеральних добрив фотосинтетична потужність посівів збільшувалася порівняно з контролем на 0,22-0,53 млн м²×діб/га. Причому по мірі підвищення забезпеченості рослин елементами мінерального живлення величина фотосинтетичного потенціалу зростала (табл. 3.5).

Таблиця 3.5

Фотосинтетична продуктивність посівів гороху залежно від застосування мікробіологічного препарату та системи удобрення, (середнє за 2022-2023 рр.)

Варіанти допосівної обробки насіння	Варіанти внесення мінеральних добрив	Фотосинтетичний потенціал посівів (цвітіння-формування бобів), млн м ² ×діб/га	Чиста продуктивність фотосинтезу (цвітіння-формування бобів), г/м ² за добу	Маса рослин у абсолютно сухому стані (формування бобів), т/га
Без допосівної обробки насіння	-	1,74	1,13	1,74
	P ₃₀ K ₃₀	1,96	1,27	1,92
	P ₅₀ K ₅₀	2,02	1,32	1,95
	N ₂₀ P ₃₀ K ₃₀	2,13	1,38	2,05
	N ₂₀ P ₅₀ K ₅₀	2,27	1,43	2,13
BiNitro Горох СФ	-	1,93	1,19	1,82
	P ₃₀ K ₃₀	2,05	1,31	1,93
	P ₅₀ K ₅₀	2,11	1,39	2,08
	N ₂₀ P ₃₀ K ₃₀	2,18	1,44	2,14
	N ₂₀ P ₅₀ K ₅₀	2,21	1,48	2,22

Застосування біодобрива BiNitro Горох СФ підвищувало значення фотосинтетичного потенціалу посівів гороху на 0,14 млн $\text{м}^2 \times \text{дїб/га}$ щодо контролю. У варіантах із комплексним застосуванням мікробіологічного препарату і мінеральних добрив, величина фотосинтетичної потужності посівів зростала на 0,31-0,47 млн $\text{м}^2 \times \text{дїб/га}$ порівняно з контролем.

В цілому по досліді умови формування фотосинтезуючої поверхні були найбільш сприятливими у варіанті BiNitro Горох СФ + $\text{N}_{20}\text{P}_{50}\text{K}_{50}$, де величина фотосинтетичного потенціалу посіву становила 2,21 млн $\text{м}^2 \times \text{дїб/га}$.

Фотосинтетична діяльність є основою формування органічної біомаси, адже у процесі фотосинтезу синтезується близько 95 % органічних сполук, що забезпечують усі процеси життєдіяльності рослинного організму.

Динаміка накопичення органічної рослинної біомаси визначається показником чистої продуктивності фотосинтезу. Цей показник виражає величину створеної у процесі фотосинтезу сухої речовини одиницею листкової поверхні за окремий етап розвитку. Вона виражає інтенсивність проходження змін росту і розвитку рослин за вегетаційних період та змінюється залежно від умов вирощування.

Дослідження показали позитивний вплив факторів, що вивчалися на інтенсивність синтезу рослинами органічної надземної біомаси. У варіантах із внесенням мінеральних добрив величина чистої продуктивності фотосинтезу збільшувалася порівняно з контролем на 0,14-0,30 г/м^2 за добу. Відмічено закономірне підвищення значень даного показника по мірі покращання забезпеченості рослин елементами мінерального живлення.

У варіанті застосування біодобрива чиста продуктивність посівів гороху збільшувалася щодо контролю на 0,06 г/м^2 за добу.

Комплексне застосування біодобрива та внесення мінеральних добрив значно покращило умови формування рослинами органічної речовини. На це вказує підвищення значень чистої продуктивності фотосинтезу на 0,18-0,35 г/м^2 за добу. Найвищими вони були у варіанті BiNitro Горох СФ + $\text{N}_{20}\text{P}_{50}\text{K}_{50}$.

Отримані дані досліджень свідчать про нерівномірність у накопиченні рослинами абсолютно сухої речовини. На початкових етапах вегетації гороху, темпи накопичення рослинами органічної сухої біомаси рослин були незначними, оскільки на цей час органічні сполуки спрямовувалися на ростові процеси кореневої системи.

Від початку фази бутонізації інтенсивність приростів сухої біомаси рослин підвищувалася, а максимальні її темпи були відмічені у фазі формування бобів. У цей час було відмічено зменшення приростів листково-стаблової маси, оскільки створені у ході фотосинтезу, пластичні речовини спрямовувалися переважно до бобів і зерна.

Накопичення абсолютно сухої речовини рослинами гороху змінювалося залежно від рівня забезпеченості рослин поживними речовинами. Його інтенсивність підвищувалася по мірі збільшення дози внесення мінеральних добрив на 0,18-0,39 г порівняно із контролем. Найвищою вона було у варіанті внесення $N_{20}P_{50}K_{50}$.

Проведення інокуляції насіння сприяло збільшенню маси рослин у абсолютно сухому стані на 0,08 г.

Найбільш сприятливі умови накопичення рослинами абсолютно сухої біомаси створювалися у варіантах поєднання інокуляції насіння та внесення мінеральних добрив. У варіанті повного забезпечення рослин основними елементами мінерального живлення за рахунок застосування біодобрива та мінеральних добрив у дозі $N_{20}P_{50}K_{50}$ величина показника маси рослин у абсолютно сухому стані була найвищою.

3.4. Величина симбіотичного апарату рослин гороху за різної забезпеченості поживними речовинами

Горох, як зернобобова культура характеризується унікальною біологічною здатністю забезпечувати себе азотом за рахунок процесу симбіотичної азотфіксації, що відбувається внаслідок формування симбіотичних взаємовідносин із 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 приймів вирощування культури.

Результати досліджень свідчать, що формування симбіотичного апарату гороху змінювалося залежно від рівня мінерального удобрення. Його величина впродовж вегетаційного періоду була найбільшою у варіанті фосфорно-калійного удобрення із внесенням $P_{50}K_{50}$. У варіантах повного мінерального удобрення розміри симбіотичного апарату зменшувалися. На початкових етапах розвитку гороху величина симбіотичного апарату гороху була незначною. До фази цвітіння спостерігалось збільшення кількості і маси бульбочок на коренях рослин гороху, а від фази початку формування бобів величина симбіотичного апарату гороху зменшувалася (табл. 3.6).

Таблиця 3.6

Розвиток симбіотичного апарату рослин гороху залежно від застосування мікробіологічного препарату та системи удобрення, (середнє за 2022-2023 рр.)

Варіанти допосівної обробки насіння	Варіанти внесення мінеральних добрив	Фази росту і розвитку рослин					
		Бутонізація		Цвітіння		Формування бобів	
		Кількість бульбочок, шт./росл.	Маса бульбочок, г/росл.	Кількість бульбочок, шт./росл.	Маса бульбочок, г/росл.	Кількість бульбочок, шт./росл.	Маса бульбочок, г/росл.
Без допосівної обробки насіння	-	18,6	0,096	23,2	0,113	15,4	0,083
	$P_{30}K_{30}$	19,8	0,120	32,6	0,154	17,7	0,095
	$P_{50}K_{50}$	21,3	0,134	33,8	0,165	17,9	0,108
	$N_{20}P_{30}K_{30}$	20,5	0,126	34,3	0,170	22,3	0,113
	$N_{20}P_{50}K_{50}$	20,2	0,134	34,4	0,175	23,5	0,119
BiNitro Горох СФ	-	23,7	0,102	29,9	0,122	17,3	0,098
	$P_{30}K_{30}$	25,1	0,135	36,7	0,167	19,5	0,115
	$P_{50}K_{50}$	28,9	0,137	37,8	0,170	20,8	0,118
	$N_{20}P_{30}K_{30}$	27,4	0,129	42,3	0,185	22,3	0,124
	$N_{20}P_{50}K_{50}$	29,5	0,131	42,9	0,193	23,5	0,127

Результати досліджень свідчать про позитивну дію біодобрива на основі азотфіксуючих мікроорганізмів BiNitro Горох СФ на утворення бульбочок на коренях гороху. Їх кількість і маса у фазі цвітіння гороху у варіанті із

проведенням допосівної інокуляції насіння збільшилися порівняно з контролем на 6,7 шт та 0,009 г відповідно.

Поєднання інокуляції насіння та внесення мінеральних добрив сприяло покращанню умов формування симбіотичного апарату рослин гороху. Умови формування бульбочок були найбільш сприятливими у варіантах повного удобрення. Це можна пояснити добрим розвитком кореневої системи до становлення симбіотичних взаємовідносин між рослинами і бульбочковими бактеріями. Результати досліджень показали, що найбільш ефективним у цьому відношенні виявилось поєднання допосівної інокуляції насіння на фоні внесення $N_{20}P_{50}K_{50}$. У даному варіанті значення показників кількості та маси бульбочок у фазі цвітіння збільшувалися до 42,9 шт 0,193 г відповідно.

3.5. Урожайність гороху за різної забезпеченості рослин поживними речовинами

Індивідуальна продуктивність рослин і відповідно урожайності насіння формується під впливом антропогенних факторів та екзогенних чинників навколишнього середовища. Ключовим фактором, що визначає величину структурних елементів врожаю є забезпеченість рослин поживними речовинами впродовж періоду вегетації [72].

Результати досліджень показали позитивну дію застосування біодобрива та внесення мінеральних добрив на величину структурних елементів гороху. Про це свідчить збільшення показників кількості бобів та насінин у них, кількість насінин із рослини, маси 1000 насінин порівняно з контролем у варіантах із внесенням мінеральних добрив - на 0,4-0,9 шт., 0,5-0,9 шт., 1,3-2,7 шт., 14,4-24,5 шт відповідно, у варіантах із проведенням допосівної інокуляції насіння - на 0,2 і 0,4 шт., 0,7 шт., і 8,4 г відповідно, у варіантах із поєднанням інокуляції насіння і внесення мінеральних добрив - на 0,5-0,9 шт., 0,6-1,1 шт., 2,1-3,1 шт., 16,1-27,1 г відповідно (табл. 3.7).

Найвищі значення структурних елементів врожаю рослин гороху були відмічені у варіанті максимальної забезпеченості рослин елементами

мінерального живлення. У варіанті поєднання інокуляції насіння і внесення $N_{20}P_{50}K_{50}$ на рослинах формувалося в середньому 4,3 боби, в яких було по 6,5 насінин. Загальна середня кількості насінин з однієї рослини становила 26,3 шт, а маса 1000 насінин була на рівні 281,4 г.

Таблиця 3.7

Індивідуальна продуктивність рослин гороху залежно від застосування мікробіологічного препарату та системи удобрення, (середнє за 2022-2023 рр.)

Варіанти допосівної обробки насіння	Варіанти внесення мінеральних добрив	Кількість бобів на 1 рослині, шт	Кількість насінин у 1 бобу, шт	Кількість насінин з рослини, шт.	Маса 1000 насінин, г
Без допосівної обробки насіння	-	3,4	5,4	23,2	254,3
	$P_{30}K_{30}$	3,8	5,9	24,5	268,7
	$P_{50}K_{50}$	3,8	6,1	24,8	273,5
	$N_{20}P_{30}K_{30}$	4,1	6,3	25,8	278,6
	$N_{20}P_{50}K_{50}$	4,3	6,3	25,9	278,8
BiNitro Горох СФ	-	3,6	5,8	23,9	262,7
	$P_{30}K_{30}$	3,9	6,0	25,3	270,4
	$P_{50}K_{50}$	4,0	6,2	25,5	277,4
	$N_{20}P_{30}K_{30}$	4,3	6,5	26,0	280,5
	$N_{20}P_{50}K_{50}$	4,3	6,5	26,3	281,4

Величина показника урожайності насіння визначалася реакцією рослин на вплив чинників навколишнього середовища. Окрім абіотичних і біотичних чинників урожайність насіння значно змінювалася залежно від рівня мінерального живлення рослин. В середньому за 2 роки досліджень найвищі її значення (2,56 т/га) були відмічені у варіантах поєднання використаття біодобрива та внесення $N_{20}P_{50}K_{50}$.

Прибавка урожайності зерна гороху від мінерального удобрення становила 0,15-0,53 т/га.

У варіантах із проведенням допосівної інокуляції насіння зернова продуктивність посівів гороху підвищувалася порявніно із контрольним варіантом на 0,53 т/га.

Поєднання інокуляції насіння препаратом BiNitro Горох СФ та внесення мінеральних добрив сприяло підвищенню показника урожайності зерна щодо

контролю на 0,27-0,54 т/га. У даному дослідженні міксимальні значення даного показника (2,56 т/га) були отримані у варіанті BiNitro Горох СФ + N₂₀P₅₀K₅₀ (табл 3.8).

Таблиця 3.8

Урожайність гороху залежно від застосування мікробіологічного препарату та системи удобрення, т/га (середнє за 2022-2023 рр.)

Варіанти допосівної обробки насіння	Варіанти внесення мінеральних добрив	Урожайність зерна, т/га		Середнє за 2 роки, т/га
		2022	2023	
Без допосівної обробки насіння	-	1,86	2,18	2,02
	P ₃₀ K ₃₀	1,94	2,39	2,17
	P ₅₀ K ₅₀	2,08	2,54	2,31
	N ₂₀ P ₃₀ K ₃₀	2,16	2,68	2,42
	N ₂₀ P ₅₀ K ₅₀	2,23	2,86	2,55
BiNitro Горох СФ	-	1,90	2,24	2,07
	P ₃₀ K ₃₀	2,16	2,42	2,29
	P ₅₀ K ₅₀	2,23	2,58	2,41
	N ₂₀ P ₃₀ K ₃₀	2,30	2,73	2,52
	N ₂₀ P ₅₀ K ₅₀	2,35	2,77	2,56

НІР_{0,95} А = 0,05 т/га

В = 0,06 т/га

АВ = 0,09 т/га

РОЗДІЛ 4

ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ СИСТЕМИ УДОБРЕННЯ У АГРОТЕХНОЛОГІЧНОМУ ПРОЦЕСІ ВИРОЩУВАННЯ ГОРОХУ

Впровадження нових елементів технології вирощування має бути доцільним тобто обґрунтованим з економічної точки зору.

Розрахунок економічних показників, що визначають раціональність застосування біодобрива BiNitro Горох СФ у допосівній інокуляції насіння внесення $P_{30}K_{30}$, $P_{50}K_{50}$, $N_{20}P_{30}K_{30}$, $N_{20}P_{50}K_{50}$ та їх поєднання був проведений із використанням матеріалів у яких вказана вартість матеріальних ресурсів та засобів у агротехнологічному процесі вирощування культури на основі діючих у 2022-2023 рр розцінок. Вартість досліджуваних прийомів була різною, що в кінцевому рахунку визначило економічну ефективність застосування їх у агротехнологічному процесі вирощування.

Результати досліджень показали, що виробничі витрати, залежно від досліджуваних прийомів змінювалися у межах від 14952 грн/га на контрольному варіанті до 15452 грн/га на варіанті поєднання інокуляції насіння на фоні внесення $N_{20}P_{50}K_{50}$. Натомість вартість валової продукції збільшувалася у протилежній напрямку, що пояснюється зростанням рівня врожаю у варіантах із застосуванням біодобрива та мінеральних добрив. Величини даних показників визначили рівень собівартості та рентабельності виробництва зернової продукції гороху. Дані величини змінювалися у межах від 7600-6036 грн./т, та 11,8-40,8 % залежно від рівня забезпеченості рослин поживними речовинами та величини урожайності зерна.

Аналіз економічної ефективності застосування елементів технології вирощування гороху виказав достатньо високу доцільність використання біодобрива BiNitro Горох СФ (2,0 л/т) на фоні внесення $N_{20}P_{50}K_{50}$, де рентабельність виробництва зернової продукції гороху сорту Царевич становила 40,8 % (табл 4.1).

Таблиця 4.1

**Економічна ефективність вирощування гороху залежно від застосування
мікробіологічного препарату та системи удобрення,
(середнє за 2022-2023 рр.)**

Варіанти допосівної обробки насіння	Варіанти внесення мінеральних добрив	Вартість валової продукції, грн./га	Виробничі витрати, грн./га	Умовно-чистий прибуток, грн./га	Собівартість, грн./т	Рентабельність, %
Без допосівної обробки насіння	-	17170	14952	1818	7600	11,8
	P ₃₀ K ₃₀	18445	15004	3051	7094	19,8
	P ₅₀ K ₅₀	19635	15016	4219	6674	27,4
	N ₂₀ P ₃₀ K ₃₀	20570	15617	4953	6453	31,7
	N ₂₀ P ₅₀ K ₅₀	21675	15825	5850	6206	37,0
BiNitro Горох СФ	-	17595	15372	2223	7426	14,5
	P ₃₀ K ₃₀	19465	15404	4061	6727	26,4
	P ₅₀ K ₅₀	20485	15425	5060	6400	32,8
	N ₂₀ P ₃₀ K ₃₀	21420	15434	5986	6125	38,8
	N ₂₀ P ₅₀ K ₅₀	21760	15452	6308	6036	40,8

РОЗДІЛ 5

ЕКОЛОГІЧНА ЕКСПЕРТИЗА

Сільське господарство - це сектор економіки, який відіграє вирішальну роль у світі як виробник продуктів харчування та місце роботи для мільйонів людей. Зростаюча з кінця XVIII століття інтенсифікація сільськогосподарського виробництва стала можливою завдяки використанню високоврожайних сортів, ірігації та механізації, а також підживлення ґрунту мінеральними добривами та захисту рослин пестицидами [73]. Споживання цих агрохімікатів суттєво зросло протягом останніх п'ятдесяти років, що призвело не лише до зростання сільськогосподарського виробництва, але й до забруднення навколишнього середовища. Мінеральні добрива є одними з найважливіших продуктів аграрної промисловості. Забезпечуючи поживними речовинами сільськогосподарські культури, вони сприяють їх росту і в той же час відіграють важливу роль у регулюванні рН та родючості ґрунту. Виробництво та споживання мінеральних добрив зростали разом зі збільшенням людського населення та потребою у збільшенні виробництва продуктів харчування [74, 75]. У період з 1961 по 2001 рік населення світу подвоїлося з 3,1 млн. осіб до майже 6,2 млн. осіб, в той час як виробництво зерна, м'яса та споживання добрив зросло за той самий період у 1,4, 2,3 та 6,0 разів відповідно [74]. Згідно з прогнозами Організації Об'єднаних Націй чисельність населення планети досягне приблизно 7,3, 8,1 та 9,6 млн. у 2015, 2025 та 2050 роках відповідно. Споживання добрив систематично зросло протягом останніх років, з незначним зниженням у 2008/2009 роках через кризу в банківській системі.

Збільшення виробництва добрив та внесення добрив у ґрунт контрастує з відносно низьким рівнем засвоєння поживних речовин сільськогосподарськими культурами. Ефективність засвоєння мінеральних компонентів залежить від складних взаємодій у кореневих системах культур, ґрунтових мікроорганізмів, хімічних реакцій, що відбуваються в ґрунті, та процесів, що призводять до несприятливої елімінації їх з ґрунту. Більшість добрив легко розчиняються у

воді. Під час їх внесення у воду створюється ґрунтовий розчин із заданою концентрацією мінеральних сполук. Мінеральні речовини поглинаються з ґрунту кореневою системою рослин переважно шляхом масообміну. Для того, щоб зробити це засвоєння більш ефективним, добрива слід вносити не далі ніж 3-4 см від кореневої системи рослини. Якщо кількість внесених мінеральних речовин перевищує здатність рослин до поглинання, активуються процеси, що призводять до зниження їх концентрації. Ці процеси включають в себе як фізичні та хімічні процеси (вимивання, вилуговування, випаровування, іммобілізація, заміщення, осадження, гідроліз), а також мікробіологічні перетворення. Поглинання азоту добрив становить приблизно 50% в середньому [74, 78-80], з найнижчими значеннями (30-35%) при вирощуванні рису 81 і найвищими - при інтенсивному виробництві кукурудзи [74]. Підраховано, що засвоєння фосфору і калію досягає 10-25% і 50-60%, відповідно.

Низька ефективність засвоєння поживних речовин створює серйозні проблеми з точки зору охорони навколишнього середовища [86-88]. Це призводить до розсіювання в навколишньому середовищі надлишкових біогенних сполук, які не були повністю використані в рослинному виробництві. 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 [89, 90]. Прискорення темпів цих природних процесів призводить до значного погіршення стану наземних та водних екосистем, надмірного розростання фітопланктону і, як наслідок, заростання та обміління водойм. водосховищ. Повідомлялося, що 50-70% забруднення сполуками азоту припадає на сільськогосподарські території водних об'єктів. Таким чином, обмеження цих сполук розсіювання цих сполук слід шукати в сільському господарстві [91].

Низька ефективність засвоєння поживних речовин (переважно азоту) спричиняє серйозні проблеми також з точки зору здоров'я людей і тварин [92]. Під дією ґрунтових мікроорганізмів мінеральний азот перетворюється на нітрати які легко розчиняються в ґрунті. Пізніше нітрати вимиваються з ґрунту в ґрунтові та поверхневі води. Найбільша потенційна небезпека вимивання нітратів існує на легких ґрунтах. Підвищена концентрація нітратів у воді може бути пов'язана із захворюваннями, пов'язаними з метгемоглобіном, що зустрічаються у дітей („синдром дитячої синяви”) та у жуйних тварин [93, 94]. Надмірна кількість активного азоту також може бути пов'язаний з деякими видами раку, респіраторними та серцевими захворюваннями [92], а також з іншими розладами такими як зоб і вроджені вади розвитку [83]. Також зазначалося, що надлишок азоту визначає динаміку прояву алергії та деяких трансмісивних хвороб, таких як вірус Західного Нілу, малярія та холера [92]. Концентрація нітритів і нітрозамінів (похідних нітратів), також пов'язана із захворюваннями травної системи [95].

Було зазначено, що надмірна кількість добрив змінює ступінь засоленості та рН ґрунту, що призводить до його поступової деградації 78. Сечовина та аміачна сіль, що використовуються як мінеральні добрива, є потенційними потенційними джерелами аміаку. Його міграція в суміжні екосистеми порушує або знищує рослинність інших видів 95. Частина аміаку, після перетворення на азотну кислоту, з'єднується з сірчаною кислотою і у вигляді кислотних дощів потрапляє на поверхню рослин та призводить до ерозії та виснаження ґрунтів [94].

Баланс фосфору в сільському господарстві в багатьох випадках є позитивним [96-98]. Це означає, що інтенсивне внесення фосфорних добрив (часто навіть багаторазове порівняно з кількістю цього компонента, що поглинається рослинами) 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 є легкокорозчинними 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 (описані як 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 [99, 100]. Така ситуація зумовлює необхідність регулярного забезпечення культурних рослин фосфорними добривами.

З іншого боку, надмірна кількість фосфору (у формі фосфатів) у наземному та водному середовищі негативно впливає на якість води внаслідок прискореної евтрофікації [97]. Крім того, фосфорні добрива містять природні мікробруднювачі (кадмій, хром, свинець, уран і радій), які можуть накопичуватися в удобрених ґрунтах [101].

Таким чином проблема навколишнього середовища набуває все більшого загострення. Для її вирішення в Україні останніми роками спостерігається створення спеціальних національних і міжнародних органів управління і контрол. Основними їх обов'язками є забезпечення екологічної безпеки регіону та держави в цілому.

Завдання екологічної експертизи охоплюють:

Базове дослідження: Вивчення початкового стану навколишнього середовища – біофізичного, соціального та економічного – до початку впровадження операцій. Воно використовується в якості базового орієнтира, за яким будуть вимірюватися зміни впливу.

Оцінка впливу, що включає прогнозування та оцінку впливу. Цей крок, як правило, є технічною і, отже, найбільш складною і суперечливою частиною всього процесу екологічної експертизи. Значимість впливів оцінюється, як правило, за допомогою деякого процесу кількісної оцінки. Вивчення впливу альтернатив також є частиною цього етапу.

Заходи щодо пом'якшення наслідків: Ці заходи призначені для зменшення масштабів і негативних наслідків, пов'язаних з впровадженням певного процесу вирощування.

Звітність та аналіз: Звіт, який у деяких випадках називається заявою про вплив на навколишнє середовище, документує результати екологічної експертизи дослідження.

Прийняття рішень: Остаточне рішення зазвичай приймає посадова особа (або комітет) відповідного державного міністерства. Особа, яка приймає рішення, має один із трьох варіантів, а саме: (1) прийняття однієї з альтернатив проекту; (2) Повернення звіту проведеної експертизи із запитом на подальше вивчення в певних конкретних областях; та (3) повна відмова від запропонованого проекту разом із альтернативними версіями.

Моніторинг: Моніторинг і аудит проводяться під час реалізації проекту і забезпечують дотримання керівних принципів і рекомендацій, викладених в документах екологічної експертизи. Участь громадськості та зацікавлених сторін відбувається протягом усього процесу і є частиною збору інформації, а також звітності та розгляду пропозиції.

Екологічна експертиза технологій вирощування гороху в ДП ДГ „Степне” показала, важливість розробки і прийняття рішень щодо обмеження та раціонального і більш безпечного використання мінеральних добрив. Наразі у господарстві розроблені гігієнічні нормативи, санітарні норми і правила, проводиться екологічна оцінка методів внесення мінеральних добрив, а також удосконалюються технології застосування мінеральних добрив, за рахунок зменшення нерівномірності їх розсіювання. Важливими заходами, що сприяють зменшенню забруднення вод річок поверхневими стоками з полів є скорочення термінів зберігання добрив на полях та будівництво спеціальних майданчиків, де можна було б тимчасово зберігати мінеральні добрива у польових умовах. У господарстві заборонено вносити добрива по сніговому покриву, а також відбувається створення лісосмуг, за рахунок яких забезпечується затримання поверхневого стоку води з полів. У господарстві діють правила, що сприяють

суворому дотриманню вимог транспортування і зберігання хімічних добрив та їх утилізації після закінчення строків використання. Разом з тим для зменшення втрати хімічних елементів і з добрив у господарстві відведені відповідні приміщення.

РОЗДІЛ 6

ОХОРОНА ПРАЦІ

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

Перед внесенням будь-якого добрива важливо враховувати:

- Загальний стан рослин: вік, продуктивність, аналіз позакореневого підживлення і т.д. щоб знати кількість необхідних їм поживних речовин.

- Слід брати до уваги, чи поля ще перебувають у стадії виробництва, чи ні, оскільки потреби в поживних речовинах різняться.

- Щоб визначити кількість азоту, якого потребують сільськогосподарські культури, необхідно провести аналіз ґрунту і врахувати такі фактори, як вологість ґрунту.

- Для визначення дози внесених фосфору, калію та магнію необхідні аналізи ґрунту та/або позакореневого підживлення, а також інформація про минулі внесення добрив. Рекомендується контролювати принаймні кожні 2 роки потребу в цих елементах за допомогою цього типу аналізу.

- Необхідно знати кількість гною та інших органічних добавок, які необхідно внести, щоб уникнути згубного впливу на органічне виробництво.

- Кліматичні умови важливі, оскільки надлишок води та вологості, надмірне випаровування, сильний холод, відсутність світла або інші умови можуть серйозно змінити стан врожаю.

Як уже згадувалося, добривом можуть бути природні речовини, відомі як органічні добрива, або хімічні речовини, які називаються хімічними добривами, неорганічними добривами, мінеральними добривами або синтетичними добривами.

Ризики, що виникають при використанні добрив і поводженні з ними, залежать від типу добрив:

- Використання органічних добрив: небезпека, пов'язана з виділенням певних токсичних і легкозаймистих газів (аміак, вуглекислий газ, метан і сірководень). Також з ризиком зараження через вміст патогенних організмів для здоров'я людини. В значній мірі вони можуть бути використані в органічному сільському господарстві (переробка органічних продуктів)

- Використання хімічних добрив: ризики, пов'язані з їх фізико-хімічними характеристиками та ступенем токсичності через використання хімічних продуктів.

Основними ризиками, пов'язаними з неправильним використанням добрив, є:

- Внутрішні властивості хімічної речовини, такі як легкість засвоєння речовини організмом і його здатність завдавати шкоди.

- Умови, що полегшують контакт між хімічними речовинами і людиною, що їх застосовує, такі як поширення в повітрі, поводження з ними, частота контакту зі шкірою, температура і т. д.

- Індивідуальні особливості аплікатора, такі як вік, стать, стан здоров'я і т.д., які можуть привести до більшої схильності пошкоджень.

- Неправильне поводження з цими речовинами, наприклад куріння під час нанесення продуктів або невикористання відповідних засобів захисту [102-104].

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

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

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

Особи, відповідальні за транспортування, зберігання та застосування агрохімікатів, повинні мати допуск (посвідчення) на право роботи із зазначеними засобами. До виконання робіт працівники залучаються за належно оформленим нарядом чи розпорядженням.

Не допускаються до таких робіт особи:

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

Проведення робіт із мінеральними добривами має бути максимально механізованим.

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

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

Працівники повинні суворо дотримуватись вимог безпеки під час таких операцій:

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

Керівник робіт повинен:

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

ВИСНОВКИ

1. Динаміка наростання надземної частини рослин у висоту досить сильно змінювалася залежно від забезпеченості рослин поживними речовинами впродовж вегетаційного періоду. Найбільш сприятливі умови для росту вегетативної частини рослин у висоту створювалися у варіантах їх найвищим рівнем забезпеченості рослин елементами мінерального живлення за рахунок поєднання інокуляції насіння біодобрином BiNitro Горох СФ (2,0 л/т) та внесення $N_{20}P_{50}K_{50}$.

2. Проведення допосівної інокуляції насіння біодобрином на основі бульбочкових азофіксуючих мікроорганізмів на фоні внесення $N_{20}P_{50}K_{50}$ виявилось найбільш ефективним поєднанням агротехнологічних прийомів щодо створення умов росту і розвитку надземної частини рослин і разом з тим, формування асиміляційної поверхні та її фотосинтетичної роботи. У свою чергу це мало прямий вплив на величину індивідуальної продуктивності рослин та урожайності посівів.

3. Умови становлення бобово-ризобіального симбіозу виявилися найбільш сприятливими за поєднання допосівної інокуляції насіння на фоні внесення $N_{20}P_{50}K_{50}$.

4. Поєднання застосування біодобрива BiNitro Горох СФ (2,0 л/т) та внесення $N_{20}P_{50}K_{50}$ надає можливість підвищити зернову продуктивність гороху до 2,56 т/га. Даний варіант також доцільно застосовувати з економічної точки зору, оскільки рентабельність виробництва зернової продукції гороху при цьому становить 40,8 %.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

Результати досліджень та їх економічна оцінка надають нам право рекомендувати включити у технологічний процес вирощування гороху застосування біодобрива BiNitro Горох СФ (2,0 л/т) та внесення $N_{20}P_{50}K_{50}$, що надасть можливість підвищити зернову продуктивність гороху до 2,56 т/га та рівень рентабельності виробництва зернової продукції до 40,8 %.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Raghunathan R., Hoover R., Waduge R., Liu Q., Warkentin T.D. Impact of Molecular Structure on the Physicochemical Properties of Starches Isolated from Different Field Pea (*Pisum sativum* L.) Cultivars Grown in Saskatchewan, Canada. *Food Chem.* 2017, 221, 1514–1521.
2. Devi J., Sanwal S.K., Koley T.K., Mishra, G.P., Karmakar P., Singha P.M., Singh B. Variations in the Total Phenolics and Antioxidant Activities among Garden Pea (*Pisum sativum* L.) Genotypes Differing for Maturity Duration, Seed and Flower Traits and their Association with the Yield. *Sci. Hortic.* 2019, 244, 141–150.
3. Shi L., Arntfield S.D., Nickerson M. Changes in Levels of Phytic Acid, Lectins and Oxalates during Soaking and Cooking of Canadian Pulses. *Food Res. Int.* 2018, 107, 660–668.
4. Ge J., Sun C.X., Corke H., Gul K., Gan R.Y., Fang Y.P. The Health Benefits, Functional Properties, Modifications, and Applications of Pea (*Pisum sativum* L.) Protein: Current Status, Challenges, and Perspectives. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* 2020, 19, 1835–1876.
5. Kan L., Nie S., Hu J., Wang S., Bai Z., Wang J., Zhou Y., Jiang J., Zeng Q., Song K.; et al. Comparative Study on the Chemical Composition, Anthocyanins, Tocopherols and Carotenoids of Selected Legumes. *Food Chem.* 2018, 260, 317–326.
6. Ye S.X., Shah B.R., Li J., Liang H.S., Zhan F.C., Geng F., Li B. A Critical Review on Interplay Between Dietary Fibers and Gut Microbiota. *Trends Food Sci. Technol.* 2022, 124, 237–249.
7. Ashokkumar K., Diapari M., Jha A.B., Tar'an B., Arganosa, G., Warkentin T.D. Genetic Diversity of Nutritionally Important Carotenoids in 94 Pea and 121 Chickpea Accessions. *J. Food Compos. Anal.* 2015, 43, 49–60.
8. Chen S.-K., Lin H.-F., Wang X., Yuan Y., Yin J.-Y., Song X.-X. Comprehensive Analysis in the Nutritional Composition, Phenolic Species and

- in vitro Antioxidant Activities of Different Pea Cultivars. *Food Chem.* X 2023, 17, 100599.
9. Langyan S., Yadava P., Khan F.N., Dar Z.A., Singh R., Kumar A. Sustaining Protein Nutrition through Plant-Based Foods. *Front. Nutr.* 2022, 8, 772573.
10. Naghshi S., Sadeghi O., Willett W.C., Esmailzadeh A. Dietary Intake of Total, Animal, and Plant Proteins and Risk of All Cause, Cardiovascular, and Cancer Mortality: Systematic Review and Dose-Response Meta-Analysis of Prospective Cohort Studies. *BMJ* 2020, 370, m 2412.
11. Ewy M.W., Patel A., Abdelmagid M.G., Elfadil O.M., Bonnes S.L., Salonen B.R., Hurt R.T., Mundi M.S. Plant-Based Diet: Is it as Good as an Animal-Based Diet When it Comes to Protein? *Curr. Nutr. Rep.* 2022, 11, 337–346.
12. Shanthakumar P., Klepacka J., Bains A., Chawla P., Dhull S.B., Najda A. The Current Situation of Pea Protein and its Application in the Food Industry. *Molecules* 2022, 27, 5354.
13. Mayengbam S., Lambert J.E., Parnell J.A., Tunnicliffe J.M., Nicolucci A.C., Han J., Sturzenegger T., Shearer J., Mickiewicz B., Vogel H.J., et al. Impact of Dietary Fiber Supplementation on Modulating Microbiota-Host-Metabolic Axes in Obesity. *J. Nutr. Biochem.* 2019, 64, 228–236.
14. Jalili Safaryan M., Ganjloo A., Bimakr M., Zarringhalami S. Optimization of Ultrasound-Assisted Extraction, Preliminary Characterization and In Vitro Antioxidant Activity of Polysaccharides from Green Pea Pods. *Foods* 2016, 5, 78.
15. Conant R, Berdanier A, Grace P. Patterns and trends in nitrogen use and nitrogen recovery efficiency in world agriculture. *Global Biogeochem Cycles*, 2013. 27: 558–566
16. Gruber N., Galloway J.N. An Earth-system perspective of the global nitrogen cycle. *Nature* 451: 293–296 in Bouwman A, Boumans L, Batjes N (2002) Emissions of N₂O and NO from fertilized fields: summary of available measurement data. *Global Biogeochem Cycles* 16: 1058

17. Lal R. Soils and food sufficiency: a review. *Agron Sustain Dev.* 2009. 29: 113–133.
18. Moll R., Kamprath E., Jackson W. (1982) Analysis and interpretation of factors which contribute to efficiency of nitrogen utilization. *Agron J.* 1982. 74: 562–564.
19. Stahl A., Friedt W., Wittkop B., Snowdon R.J. Complementary diversity for nitrogen uptake and utilisation efficiency reveals broad potential for increased sustainability of oilseed rape production. *Plant Soil.* 2016. 400: 245–262.
20. Santiago J.P., Tegeder M. Connecting source with sink: the role of *Arabidopsis* AAP8 in phloem loading of amino acids. *Plant Physiol.* 2016. 171: 508–521.
21. Girondé A., Etienne P., Trouverie J., Bouchereau A., Le Cahérec F., Leport L., Orsel M., Niogret MF., Nesi N., Carole D., et al. The contrasting N management of two oilseed rape genotypes reveals the mechanisms of proteolysis associated with leaf N remobilization and the respective contributions of leaves and stems to N storage and remobilization during seed filling. *BMC Plant Biol.* 2015. 15: 59
22. Carter A.M., Tegeder M. Increasing nitrogen fixation and seed development in soybean requires complex adjustments of nodule nitrogen metabolism and partitioning processes. *Curr Biol.* 2016. 26: 2044–2051.
23. Krapp A., David L.C., Chardin C., Girin T., Marmagne A., Leprince A.S., Chaillou S., Ferrario-Méry S., Meyer C., Daniel-Vedele F. Nitrat transport and signalling in *Arabidopsis*. *J Exp Bot.* 2014. 65: 789–798
24. Tegeder M. Transporters involved in source to sink partitioning of amino acids and ureides: opportunities for crop improvement. *J Exp Bot* 2014. 65: 1865–1878.
25. Schiltz S., Munier-Jolain N., Jeudy C., Burstin J., Salon C. Dynamics of exogenous nitrogen partitioning and nitrogen remobilization from vegetative organs in pea revealed by ¹⁵N in vivo labeling throughout seed filling. *Plant Physiol.* 2005. 137: 1463–1473

26. Zhang L., Garneau M.G., Majumdar R., Grant J., Tegeder M. Improvement of pea biomass and seed productivity by simultaneous increase of phloem and embryo loading with amino acids. *Plant J.* 2015. 81: 134–146.
27. Limpens E., Franken C., Smit P., Willemse J. et al LysM domain receptor kinase regulating rhizobial nod factor-induced infection. *Science.* 2003. 302:630–633
28. Gopalakrishnan S., Sathya A., Vijayabharathi R., Varshney R.K. et al. Plant growth promoting rhizobia: challenges and opportunities. 2015. *Biotech* 5:355–377
29. Perret X., Staehelin C., Broughton W.J. Molecular basis of symbiotic promiscuity. *Microbiol Mol Biol Rev.* 2000. 64:180–201.
30. Schlaman H.R.M., Phillips D.A., Kondorosi E. (1998) Genetic organisation and transcriptional regulation of rhizobial nodulation genes. In: Spink HP, Kondorosi A, PJJ H (eds) *The Rhizobiaceae*. Kluwer, Dordrecht, 1998. 361–386.
31. O’Hara G.W. Nutritional constraints on root nodule bacteria affecting symbiotic nitrogen fixation: A review. *Aust. J. Exp. Agric.* 2001, 41, 417–433.
32. Rondina A.B.L., dos Santos Sanzovo A.W., Guimarães G.S., Wendling, J.R., Nogueira, M.A., Hungria M. Changes in root morphological traits in soybean co-inoculated with *Bradyrhizobium* spp. and *Azospirillum brasilense* or treated with *A. brasilense* exudates. *Biol. Fertil. Soils* 2020, 56, 537–549.
33. Umali-Garcia M., Libuit J.S., Baggayan R.L. Effects of *Rhizobium* inoculation on growth and nodulation of *Albizia falcataria* (L.) Fosh. and *Acacia mangium* Willd. in the nursery. *Plant Soil* 1988, 108, 71–78.
34. Tesfaye M., Liu J., Allan D. L., Vance C. P. Genomic and genetic control of phosphate stress in legumes. *Plant Physiology.* 2007. 144: 594–603.
35. Tsvetkova G. E., Georgiey G I. Changes in phosphate fractions extracted from different organs of phosphorus starved nitrogen fixing pea plants. *J. Pl. Nutrition* 2007. 30: 2129–40.

36. Sharma A and Chandra A. Effect of plant density and nitrogen levels on physicochemical parameters of cauliflowers. *Haryana J. Hort. Sci.* 2004. 33(2):148–9.
37. Shafeek M. R., O. A. H. EL- Zeiny M. A. Ahmed. Effect of phosphate and potassium fertilizer on growth, yield seed composition of pea plant in new reclaimed soil. *Ass. J. plant. Sci.* 4 (6) : 608-612.
38. Mengel K. F.A. Kirkby. Principles of plant nutrition, 4TH Ed. International potash institute, Bern, Switzer land, 1997. P.685
39. Kanaujia S.P., Sharma S. K., Rastogi K.B. Effect of phosphorus potassium and Rhizobium inoculation on growth and yield of pea. *Ann. Agric. Res.* 1998. 19: 219-221.
40. Marschner H. Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants. Cambridge, MA: Academic press. 2012.
41. Oosterhuis D., Loka D., Kawakami E., Pettigrew W. The physiology of potassium in crop production. *Adv. Agron.* 2014. 126, 203–234. doi: 10.1016/B978-0-12-800132-5.00003-1
42. Hepler P. K., Vidali L., Cheung, A. Y. Polarized cell growth in higher plants. *Annu.Rev. Cell. Dev. Biol.* 2001. 17, 159–187. doi: 10.1146/annurev.cellbio.17.1.159
43. Hu W., Zhao W., Yang J., Oosterhuis D. M., Loka D. A., Zhou, Z. Relationship between potassium fertilization and nitrogen metabolism in the leaf subtending the cotton (*Gossypium hirsutum* L.) boll during the boll development stage. *Plant Physiol. Biochem.* 2016. 101, 113–123. doi: 10.1016/j.plaphy.2016.01.019
44. Полтавська область: природа, населення, господарство. Географічний та історико-економічний нарис / За ред. К.О. Маца. Полтава: Полтавський літератор, 1998. 336.
45. Почвы Украины и повышение их плодородия. Т.1. Экология, режимы и процессы, классификация и генетико-производственные процессы / Под ред. Н.И. Полупана. К.: Урожай, 1988. 296.

46. 74. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. Москва : Колос, 1979. 416 .
47. Методика Державного сорто випробування сільськогосподарських культур (зернові, круп'яні та зернобобові культури)/ За ред. В. В. Волкодава. Київ, 2001. 69.
48. Мойсейченко В. Ф., Єщенко В. О. Основи наукових досліджень в агрономії. Київ : Вищ. шк., 1994. 334.
49. Фотосинтетическая деятельность растений в посевах/ Ничипорович А. А., Строганова Л. Е., Чмора С. Н., Власова М. П.. Москва : АН СССР, 1961. 133.
50. Методика проведення досліджень у кормовиробництві, та годівлі тварин/Бабич А. О. та ін. ; під ред. А. О. Бабича. Київ : Аграрна наука, 1998. 80.
51. Новоселов Ю. К., Харьков Г. Д., Шеховцова Н. С. Методические указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами. Москва : Всесоюз. науч.-исслед. Ин-т кормов им. В. Р. Вильямса, 1983. 198.
52. Методические рекомендации по проведению полевых опытов с кукурузой/Д. С. Филев и др. Тр. ВНИИ кукурузы. Днепропетровск, 1980. 54.
53. Орленский Н. А., Орленская Н. А. Биоэнергетическая эффективность выращивания кукурузы на зерно. Зерновое хозяйство. 2005. №1. 20.
54. Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций: Центральная база данных производства зерна кукурузы. URL: <http://faostat.fao.org/site/340/default.aspx>
55. Технологічні карти та витрати на вирощування сільськогосподарських культур / За ред. П. Т. Саблука, Д. І. Мазоренка, Г. Є. Мазнева. Київ: ННЦ ІАЕ, 2005. 402.
56. Зернові бобові. Рекомендації з вирощування. Компанія BASF Agro. 2017. 63.

57. Злобін Ю. А. Курс фізіології і біохімії рослин. Суми. ВТД "Університетська книга". 2004. 464.
58. Зотиков В. И., Наумкина Т. С., Сидоренко В. С. Производство зернобобовых и крупяных культур в России: состояние, проблемы, перспективы. Земледелие. 2015. № 4. 3–5.
59. Зуза В. Горох без бур'янів. Farmer. 2016. Березень. С. 100–102.
60. Ижик Н. К. Полевая всхожесть семян. Киев : Урожай, 1976. 200 с.
61. Ільєнко О. В. Використання ґрунтової вологи посівами гороху вусатого морфологічного типу залежно від норм висіву насіння в умовах північного Степу України. Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України. 2012. №2. С.90-94.
62. Ільєнко О.В. Формування врожайності гороху вусатого морфологічного типу під впливом добрив та норм висіву насіння в умовах північного Степу. Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України. 2013. №4. 33-37.
63. Іщенко В.І. Елементи технології – резерв підвищення урожайності гороху в Степу. Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН. Запоріжжя. 2013. №18. С. 85-92.
64. Іщенко В.А. Ефективність використання ризогуміну і поліміксобактерину у поєднанні з мікродобривом та регулятором росту при вирощуванні гороху вусатого типу в північному Степу. Міжвідомчий тематичний науковий збірник Сільськогосподарська мікробіологія. Чернігів. 2013. Вип. 17. С. 89-100.
65. Іщенко В.А. Ефективність застосування мінеральних та бактеріальних добрив при вирощуванні гороху вусатого типу в умовах північного Степу України. Корми і кормовиробництво. 2010 . №66. 54-60
66. Неклюдов Б. М. Влияние сроков и способов посева, норм высева и отдельного посева рассортированных семян на урожай гороха/ Советская агрономия. 1953. № 2. С. 53-59.

67. Нечаев Е. Х. Плодородие почвы и симбиотическая активность гороха при биологизации его возделывания в лесостепи Заволжья/ Самара, 2004. С. 392–401.
68. Николаев И. Н. Разумова В.В. Минимальная обработка гороха. *Зерновое хозяйство*. – 2002. – №2. – С.10
69. Зернобобові культури: сучасні технології вирощування: монографія /А.В. Черенков, А.І. Клиша, А.Д. Гирка, О.О. Кулініч; за ред. А.В. Черенкова. Дніпропетровськ: Акцент ПП, 2014. 110 с.
70. Овчаров К.Е. Физиология формирования семян и прорастания семян. М.: Колос, 1976. 255 с.
71. Полевой В.В. Физиология растений. М.: Высшая школа, 1989. 464 с.
72. Агроекологічна оцінка мінеральних добрив та пестицидів : монографія / [В. П. Патики, Н. А. Макаренко, Л. І. Моклячук та ін.] ; за ред. В. П. Патики. К. : Основа, 2005. 300 с.
73. Zapata, F. Introduction to nitrogen management in agricultural systems. In: *Guide. Nitr. Managem. Agric. Syst.*, Vienna: IAEA, 2008.
74. 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.
75. 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.
76. United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division 6 *World Population Prospects: The 2012 Revision, DVD Edition* 2013.
77. International Fertilizer Industry Association, *Statistics, Market Outlooks*; <http://www.fertilizer.org/MarketOutlooks.html> (accessed Aug 26, 2015).
78. van Cleemput, O., Zapata, F. & Vanlauwe, B. Use of tracer technology in mineral fertilizer management. In: *Guide. Nitr. Managem. Agric. Syst.*, Vienna: IAEA 2008.

79. Dobermann, A. (2005). Nitrogen use efficiency - state of the art. In: Proceedings of the IFA International Workshop on Enhanced-Efficiency Fertilizers, Frankfurt: IFA, 2005.
80. Smil V.A. Nitrogen in crop production: An account of global flows. *Global Biogeochem. Cycl.*, 1999. 3, 647–662. DOI: 10.1029/1999GB900015.
81. 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.
82. Hauck, R.D. Slow release and bio-inhibitor-amended nitrogen fertilizers. In: O.P. Engelstad (Ed.), *Fert. Technol. Use*, Madison, WI: SSSA, 1985.
83. 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.
84. Trenkel, M.E. *Controlled-release and stabilized fertilizers in agriculture*, Paris: IFA, 2010.
85. 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.
86. Finck A. Fertilizers and their efficient use. In: D.J. Halliday, M.E. Trenkel, W. Wichmann, (Eds.). *World Fert. Use Man.*, Paris: IFA, 1992.
87. Shaviv, A. (2000). Advances in controlled release fertilizers. *Adv. Agron.*, 71, 1–49.
88. Górecki H. The environmental impact of fertilizer production and use. *Przem. Chem.*, 2003. 82(8–9), 833–836.
89. Hofman G., van Cleemput O. *Nitr. Soil Plant*. Paris: IFA, 2004.
90. 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.

91. EEA Report No 7. Source apportionment of nitrogen and phosphorus inputs into the aquatic environment, Copenhagen: EEA, 2005.
92. Townsend A.R., Howarth R.W., Bazzaz F.A., Booth M.S., Cleveland C.C., Collinge S.K., Dobson A.P., Epstein P.R., Holland E.A., Keeney D.R., Mallin M.A., Rogers C.A., Wayne P., Wolfe, A.H. Human health effects of a changing global nitrogen cycle, *Ecol. Environ.*, 2003, 1(5), 240–246.
93. Smith J.E., Beutler E. Methaemoglobin formation and reduction in man and various animal species. *Am. J. Physiol.*, 1996. 210(2), 347–350.
94. Newbould P. 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.
95. Forman D. Are nitrates a significant risk factor in human cancer?, *Cancer Surv.*, 1989. 8, 443–458.
96. Freibauer. A. Regionalised inventory of biogenic greenhouse gas emissions from European agriculture. *Eur. J. Agron.*, 2003. 19(2), 135–160. DOI: 10.1016/S1161-0301(02)00020-5.
97. Sharpley A.N., Menzel, R.G. The impact of soil and fertiliser phosphorus on the environment. *Adv. Agron.*, 1987. 41, 297–324.
98. Sims J.T. Phosphorus soil testing: innovations for water quality protection. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, 1998. 29, 1471–1478. DOI: 10.1080/00103629809370044.
99. 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.
100. 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, 267–322.
101. 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.

102. Гандзюк М.П., Желібо Е.П., Халімовський М.О. Основи охорони праці. Київ: Каравела, 2008. 34-41.
103. Жидецький В.Ц. Основи охорони праці. Львів: Афіша, 2002. 40 -52.
104. Єсипенко А. Розроблення переліку профілактичних заходів щодо поліпшення стану безпеки, гігієни праці та виробничого середовища. На допомогу спеціалісту з охорони праці, №4, 2012.36 – 40.

ДОДАТОК А

BiNitro Горох СФ – сухий препарат для передпосівної інокуляції насіння гороху, бобів, сочевиці, вики на основі культури бульбочкових бактерій *Rhizobium leguminosarum* та продуктів їх метаболізму.

Склад препарату – культура живих бульбочкових бактерій *Rhizobium leguminosarum* штаму RL 45 здатних до азотфіксації, із титром не менше 5×10^9 КУО/г, та продукти їх метаболізму (фітогормони, амінокислоти, вітаміни).
Препаративна форма – нерозчинний мілкодисперсний порошок на основі торфу.

ДОДАТОК В

УДК 631.5:633.358

УДОБРЕННЯ ЯК ФАКТОР ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ГОРОХУ ПОСІВНОГО

Єремко Л.С., кандидат с.-г. наук, ст. н. с., доцент кафедри рослинництва
Полтавський державний аграрний університет
doktor nauk rolniczych, adiunkt, Zakład Uprawy Roślin Pastewnych
Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – PIB w Puławach, POLAND
Тур В.В., СВО Магістр за спеціальністю 201 – Агрономія
Полтавський державний аграрний університет

Актуальність теми. Виробництво та використання вітчизняної білкової сировини є важливими стратегічними заходами, спрямованими на збереження білкової безпеки країни. У групі зернобобових культур найбільш розповсюдженим є горох, що завдяки своїм морфо-біологічним особливостям, високим значенням потенціалу продуктивності, та поживної цінності, вирощується у 84 країнах світу [1]. Насіння гороху є чудовим джерелом білку, вуглеводів фосфору, вітамінів А і В, заліза, кальцію [2-4]. Серед вагомих агротехнічних переваг даної культури є збагачення ґрунту молекулярним азотом, фіксованим з повітря у ході бобово-ризобіального симбіозу, що надає можливість зменшити витрати і ресурси на внесення азотних добрив [5]. Надходження рослинних решток гороху до ґрунту та їх розкладання забезпечує доступними формами азоту як послідувачі культури сівозміни, так і ґрунтові мікроорганізми, що у свою чергу сприяє інтенсифікації біологічної сорбції азоту [6].

Формування продуктивності рослин відбувається під дією комплексу абіотичних, біотичних і антропогенних факторів навколишнього середовища, одним із яких є доступність поживних речовин для рослин у ході їх вегетаційного періоду. Вагомим агротехнічним прийомом підвищення рівня

забезпеченості рослин основними елементами мінерального живлення є внесення мінеральних добрив. Відомо, що їх застосування має позитивний вплив на характеристики рослин, однак надмірне використання хімічного удобрення створило цілу низку економічних, екологічних та природоохоронних проблем [7]. Тому останнім часом досить перспективним методом підвищення рівня продуктивності культури та зменшення негативного впливу хімічних добрив на навколишнє середовище є застосування мікробіологічних препаратів на основі азотфіксуючих мікроорганізмів.

Мета роботи - визначення ефективності застосування біологічного препарату на основі азотфіксуючих мікроорганізмів на фонах внесення різних доз мінеральних добрив у формуванні продуктивності агроценозів гороху посівного.

Матеріали та методи досліджень. Польові дослідження проводили в умовах дослідного поля ДП «ДГ «Степне» Інституту свинарства і АПВ НААН» Полтавського району Полтавської області впродовж 2022–2023 рр. Складовими варіантами досліджень були: застосування біологічного препарату на основі азотфіксуючих мікроорганізмів BiNitro Горох СФ під час проведення допосівної інокуляції насіння, без інокуляції насіння (Фактор А), без удобрення та внесення $P_{30}K_{30}$, $P_{50}K_{50}$, $N_{20}P_{30}K_{30}$, $N_{20}P_{50}K_{50}$ (Фактор В).

Варіанти і повторення досліду розміщувалися систематично у чотириразовій повторності. Облікова площа ділянки становила 50 м^2 .

Результати досліджень свідчать про позитивний вплив застосування мікробіологічного препарату та внесення мінеральних добрив на величину структурних елементів гороху. На це вказує збільшення кількості сформованих на рослинах бобів та насінин у них, і відповідно підвищення рівня озерненості рослин, маси 1000 насінин порівняно з контролем. Найвищі значення показників структурних елементів врожаю гороху були відмічені у варіанті поєднання інокуляції насіння і внесення $N_{20}P_{50}K_{50}$, де на рослинах формувалося в середньому 4,3 боби, в яких було по 6,5 насінин. Загальна середня кількість насінин з однієї рослини становила 26,3 шт, а маса 1000 насінин була на рівні 281,4 г.

Величина показника урожайності насіння визначалася реакцією рослин на вплив чинників навколишнього середовища. Окрім абіотичних і біотичних чинників урожайність зерна значно змінювалася залежно від рівня мінерального живлення. В середньому за 2 роки досліджень найвищі її значення (2,56 т/га) були відмічені у варіантах поєднання застосування біодобрива та внесення $N_{20}P_{50}K_{50}$. Прибавка урожайності зерна гороху від мінерального удобрення становила 0,15-0,53 т/га. У варіантах із проведенням допосівної інокуляції насіння зернова продуктивність посівів гороху підвищувалася порівняно із контрольним варіантом на 0,53 т/га. Поєднання інокуляції насіння препаратом BiNitro Горох СФ та внесення мінеральних добрив сприяло підвищенню показника урожайності зерна щодо контролю на 0,27-0,54 т/га. Максимальні значення даного показника (2,56 т/га) були отримані у варіанті BiNitro Горох СФ + $N_{20}P_{50}K_{50}$.

Висновок. Поєднання внесення $N_{20}P_{50}K_{50}$, допосівної обробки насінневого

матеріалу мікробіологічним препаратом BiNitro Горох СФ (2,0 кг/т) сприяє покращанню умов росту і розвитку рослин, формуванню їх продуктивності і відповідному підвищенню урожайності гороху до 2,56 т/га.

Бібліографічний список

1. Janauskaite D. Productivity of Three Pea (*Pisum sativum* L.) Varieties as Influenced by Nutrient Supply and Meteorological Conditions in Boreal Environmental Zone. *Plants*. 2023. 12. 1938.
<https://doi.org/10.3390/plants12101938>
2. Гангур В.В., Єремко Л.С. Вплив елементів технології вирощування на продуктивність гороху в умовах лівобережного Лісостепу України. Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України. 2015. 9. 19-23.
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.
<https://doi.org/10.24412/2520-6990-2021-1097-30-32>
4. 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.
5. Wysokinski A., Lozak I. The Dynamic of Nitrogen Uptake from Different Sources by Pea (*Pisum sativum* L.). *Agriculture* 2021, 11, 81.
<https://doi.org/10.3390/agriculture11010081>
6. Kalembasa, S.; Szukała, J.; Faligowska, A.; Kalembasa, D.; Symanowicz, B.; Becher, M.; Gebus-Czupyt, B. Quantification of Biologically Fixed Nitrogen by White Lupin (*Lupinus albus* L.) and Its Subsequent Uptake by Winter Wheat Using the ¹⁵N Isotope Dilution Method. *Agronomy* 2020, 10, 1392.
<https://doi.org/10.3390/agronomy10091392>
7. Masarirambi M.T., Sibandze N., Wahome P. K., Oseni, T.O. Effects of Kraal Manure Application Rates on Growth and Yield of Wild Okra in a Sub-tropical Environment. *Asian J. of Agri.Sci.* 2011. 4. 89-95.

ДОДАТОК С

АНОТАЦІЯ

Тур В.В. Вплив системи удобрення на продуктивність гороху посівного (*Pisum sativum* L.)

Дипломна робота на здобуття СВО Магістр.

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

Обсяг магістерської роботи: 65 с., 11 табл., 3 додатки, 104 літературних джерел.

Об'єкт досліджень: лабораторна та польова схожість насіння, динаміка наростання надземної частини рослин та їх листкової поверхні, індивідуальна продуктивність рослин та урожайність гороху залежно від застосування мінеральних та біологічних добрив.

Мета роботи: визначення впливу застосування різних доз мінеральних добрив, біодобрива на основі активних азотфіксуєючих мікроорганізмів на величину морфологічних характеристик рослин гороху та динаміку їх формування впродовж вегетаційного періоду, а також визначення ступеню впливу досліджуваних факторів на величину елементів продуктивності окремих рослин та рівень зернової продуктивності посівів.

Результати та їх новизна: наукова новизна одержаних результатів полягає у науковому обґрунтуванні застосування новітніх аспектів у технологічному процесі виробництва зернової продукції гороху посівного на основі оптимізації поживного режиму рослин впродовж вегетаційного періоду за рахунок внесення раціональних доз мінеральних добрив та використання біодобрива на основі азотфіксуєючих *Rhizobium leguminosarum* bv. *Pisum* BiNitro Горох СФ.

У ході проведення дослідження нами було визначено вплив досліджуваних факторів на ростові параметри рослин, фотосинтетичну продуктивність посівів, величину синтезованої надземної органічної біомаси і як наслідок – структурних елементів врожаю і рівень зернової продуктивності посівів. Удосконалено технологію вирощування гороху посівного за рахунок

застосування раціональних доз мінеральних добрив та біодобрива основі азотфіксуючих бульбочкових бактерій.

Основні наукові та практичні результати: Отримані результати досліджень та їх економічна оцінка показують раціональність включення у технологічний процес вирощування гороху застосування біодобрива BiNitro Горох СФ (2,0 л/т) на фоні внесення $N_{20}P_{50}K_{50}$, що надасть можливість підвищити зернову продуктивність гороху до 2,56 т/га та рівень рентабельності виробництва зернової продукції до 40,8 %.

Галузь застосування: 20 Аграрні науки та продовольство.

Значення роботи та висновки: Результати досліджень та їх економічна оцінка надають нам право рекомендувати включити у технологічний процес вирощування гороху застосування біодобрива BiNitro Горох СФ (2,0 л/т) та внесення $N_{20}P_{50}K_{50}$, що надасть можливість підвищити зернову продуктивність гороху до 2,56 т/га та рівень рентабельності виробництва зернової продукції до 40,8 %.

Перелік ключових слів: горох, продуктивність, мікробіологічний препарат, мінеральні добрива, система удобрення.