

**ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

**НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ АГРОТЕХНОЛОГІЙ,
СЕЛЕКЦІЇ ТА ЕКОЛОГІЇ**

Кафедра рослинництва

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

**«ВПЛИВ БІОПРЕПАРАТІВ І МІНЕРАЛЬНОГО
УДОБРЕННЯ НА ФОРМУВАННЯ
ПРОДУКТИВНОСТІ НУТУ В УМОВАХ
ЛІВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ»**

Виконав: здобувач вищої освіти
за ОПП Насінництво і насіннєзнавство
спеціальності 201 Агрономія
Ступеня вищої освіти магістр
Денної форми навчання
Жадан Микола Юрійович

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

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

Полтава – 2024 року

ЗМІСТ

ст.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ.....	5
РОЗДІЛ 1. РОЛЬ МІКРООРГАНІЗМІВ ТА ЕЛЕМЕНТІВ МІНЕРАЛЬНОГО ЖИВЛЕННЯ У ФОРМУВАННІ ПРОДУКТИВНОСТІ НУТУ	
1.1. Властивості нуту та його роль у народному господарстві.....	10
1.2. Роль мікроорганізмів у покращанні поживного режиму рослин.....	16
1.3.Роль елементів мінерального живлення у процесі формування продуктивності нуту.....	22
РОЗДІЛ 2. УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ	
2.1. Характеристика умов місця проведення досліджень.....	29
2.2. Погодні умови місця проведення досліджень	30
2.3. Методика проведення досліджень	32
РОЗДІЛ 3. ВПЛИВ БІОПРЕПАРАТІВ І МІНЕРАЛЬНОГО УДОБРЕННЯ НА ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ НУТУ	
3.1. Вплив біопрепаратів та мінерального удобрення на висоту рослин нуту...	33
3.2. Вплив біопрепаратів та мінерального удобрення на динаміку розвитку листової поверхні посівів нуту.....	37
3.3. Вплив біопрепаратів та мінерального удобрення на тривалість і продуктивність фотосинтетичної діяльності листової поверхні посівів нуту.....	40
3.4. Вплив біопрепаратів та мінерального удобрення на індивідуальну продуктивність рослин та урожайність насіння посівів нуту.....	46
РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ БІОПРЕПАРАТІВ ТА МІНЕРАЛЬНОГО УДОБРЕННЯ ДОЗ У ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ НУТУ	50
РОЗДІЛ 5. ЕКОЛОГІЧНА ЕКСПЕРТИЗА.....	53
РОЗДІЛ 6. ОХОРОНА ПРАЦІ	55
ВИСНОВКИ	57
РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ.....	58
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	59
ДОДАТКИ.....	67

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Нут є другою за значенням зернобобовою культурою у світі, яку вирощують на площі близько 12,6 млн га у 55 країнах. Він високо цінується за свої поживні якості, користь для здоров'я та здатність покращувати родючість ґрунту і стійкість систем землеробства. Нут є чудовим джерелом білка, вуглеводів, харчових волокон, поліненасичених жирних кислот, мінералів і вітамінів [1]. Він також вважається високоенергетичним і білковим кормом у раціонах тварин [2].

Нут відіграє важливу роль у підвищенні родючості ґрунту, за рахунок симбіотичної фіксації азоту повітря. Його рослини задовольняють до 80% своєї потреби в азоті за рахунок симбіотичної азотфіксації і може фіксувати до 140 кг N г з повітря. Він залишає значну кількість залишкового азоту для наступних культур і додає велику кількість органічної речовини для підтримки та покращення здоров'я і родючості ґрунту. Завдяки своїй глибокій стрижневій кореневій системі нут може витримувати посуху, поглинаючи воду з глибших шарів ґрунтового профілю.

Впродовж останнього десятиліття загальне світове виробництво нуту зросло на 44% завдяки збільшенню посівних площ на 23% та врожайності на

Серед 12 найбільших країн-виробників нуту значне зростання виробництва нуту відбулося в Австралії (326%), Танзанії (222%), Ефіопії (141%), США (141%), М'янмі (106%) та Індії (47%). Деякі з країн, такі як Ефіопія (2,0 т/га), Канада (1,8 т/га), Мексика (1,7 т/га), М'янма (1,5 т/га), Австралія (1,3 т/га) і Туреччина (1,2 т/га), також досягли вражаючого прогресу у врожайності нуту.

Нут в основному вирощується в умовах богарного землеробства без зрошення. Таким чином, дефіцит ґрунтової вологи наприкінці вегетації (фінальна посуха) є найважливішим абіотичним стресом приблизно для двох

третин світових площ нуту. Для підвищення врожайності зерна в сучасних умовах зміни клімату необхідними заходами є удосконалення технології вирощування з використанням сортів, що характеризуються стійкістю до зневоднення [4].

Актуальність теми. Виробництво бобових культур обмежується недостатньою доступністю поживних речовин для рослин та незбалансованим їх забезпеченням впродовж вегетаційного періоду. Поживні речовини для рослин, відповідні сорти та правильне внесення добрив мають значний вплив на врожайність та її складові. Ріст і розвиток сільськогосподарських культур значною мірою залежать від розвитку кореневої системи. Фосфор, поряд з азотом і калієм є одним з трьох макроелементів, які рослини повинні отримувати з ґрунту. Він є основним компонентом сполук, функції яких пов'язані з ростом і розвитком коренів, цвітінням рослин та дозріванням насіння. Загальновідома роль даного елемента на формування симбіотичного апарату та ефективність процесу азотфіксації.

Внесення калію має важливе значення для отримання високого врожаю, оскільки він відіграє важливу роль у багатьох процесах в рослинних клітинах. Його часто називають елементом якості для рослинництва за рахунок позитивної взаємодії з іншими поживними речовинами у рослині. Калій впливає на фотосинтетичну активність рослин, забезпечує транспортування органічних сполук у боби та насіння, а також сприяє їх перетворенню на крохмаль, білок, вітаміни.

Доступність бору визначає рівень гормонів у рослинах, фотосинтетичну активність, вуглеводний обмін, транслокацію цукру, фосфору, кальцію та допомагає у фіксації азоту і формуванні бульбочок. Його дефіцит спричиняє стерильність рослин внаслідок порушення розвитку репродуктивних тканин, що гальмує на проростання пилку та призводить до збільшення осипання квіток та зменшення зав'язування плодів.

Наразі перспективним прийомом підвищення рівня продуктивності бобових культур є застосування біодобрив. Біодобрива являють собою живі

мікроорганізми, які колонізують ризосферу і сприяють підвищенню рівня доступності поживних речовин для рослин та стимулювання їх росту. Завдяки фіксації азоту та солюбілізації фосфатів мікроорганізми відіграють важливу роль у покращанні забезпеченості рослин даними елементами та зменшенні доз мінеральних добрив.

Протягом останнього десятиліття загальне світове виробництво нуту зросло на 44% завдяки збільшенню посівних площ на 23% та врожайності на

Мета і задачі досліджень. Мета досліджень - визначення впливу біопрепаратів на основі азотфіксуючих бактерій та корисних мікроорганізмів та їх поєднання із мінеральним удобренням і позакореневим підживленням бором на процеси росту і розвитку рослин, їх нодуляційну здатність та величину урожайності насіння нуту.

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

1. вивчити особливості росту і розвитку рослин нуту залежно від застосування біопрепаратів на основі азотфіксуючих бактерій та корисних мікроорганізмів та їх поєднання із мінеральним удобренням і позакореневим підживленням бором;
2. визначити інтенсивність наростання надземної маси та листової поверхні залежно від застосування біопрепаратів на основі азотфіксуючих бактерій та корисних мікроорганізмів та їх поєднання із мінеральним удобренням і позакореневим підживленням бором;
3. визначити вплив біопрепаратів на основі азотфіксуючих бактерій та корисних мікроорганізмів та їх поєднання із мінеральним удобренням і позакореневим підживленням бором на формування симбіотичного апарату рослин нуту;
4. визначити вплив біопрепаратів на основі азотфіксуючих бактерій та корисних мікроорганізмів та їх поєднання із мінеральним удобренням і

позакореневим підживленням бором на продуктивність фотосинтетичної роботи посівів нуту;

5. визначити вплив біопрепаратів на основі азотфіксуючих бактерій та корисних мікроорганізмів та їх поєднання із мінеральним удобренням і позакореневим підживленням бором на величину індивідуальної продуктивності та урожайності насіння нуту.

6. визначити рівень економічної доцільності впровадження досліджуваних агроприйомів у процесі виробництва насіння нуту.

Об'єкт досліджень – ріст і розвиток рослин, динаміка формування листової поверхні, наростання свіжої і сухої маси рослин, формування симбіотичного апарату, величина елементів продуктивності рослин та урожайності насіння нуту залежно від застосування біопрепаратів на основі азотфіксуючих бактерій та корисних мікроорганізмів та їх поєднання із мінеральним удобренням і позакореневим підживленням бором.

Предмет досліджень – сорт нуту Розанна, урожай зерна, біологічний препарат, мінеральні добрива, бор.

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

Наукова новизна одержаних результатів проведеного дослідження полягає у науковому обґрунтуванні комплексного застосування біопрепаратів на основі азотфіксуючих бактерій та корисних мікроорганізмів та їх поєднання із мінеральним удобренням і позакореневим підживленням бором як спосіб зменшення дози внесення мінерального азоту, покращання умов формування

кореневої системи, бобово-ризобіального симбіозу і підвищення рівня урожайності насіння нуту.

Вивчено вплив біопрепаратів на основі азотфіксуючих бактерій та корисних мікроорганізмів та їх поєднання із мінеральним удобренням і позакореневим підживленням бором на ріст і розвиток рослин, формування листкової поверхні та симбіотичного апарату, інтенсивність накопичення надземної органічної біомаси, величину елементів продуктивності рослин, урожайність насіння нуту.

Удосконалено поживний режим рослин нуту за рахунок біопрепаратів на основі азотфіксуючих бактерій та корисних мікроорганізмів та їх поєднання із мінеральним удобренням і позакореневим підживленням бором .

Практичне значення одержаних результатів. Для покращання умов росту і розвитку рослин, формування їх симбіотичного апарату, наростання листкової поверхні посівів, і відповідного підвищення урожайності насіння найбільш доцільно та економічно виправдано є комплексне застосування обробки насіння біопрепаратами на основі азотфіксуючих і корисних мікроорганізмів, позакореневого підживлення рослин бором у фазу гілкування на фоні внесення $N_{20}P_{50}K_{50}$.

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

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

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

1. Єремко Л.С., Жолонко О.В., Жадан М.Ю., Жук В.І. Урожайність нуту залежно від системи удобрення. Матеріали III Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «Актуальні напрями та проблематика у технологіях вирощування продукції рослинництва», Полтава, 28 листопада 2024 року. Полтава, 2024.

Структура та обсяг кваліфікаційної роботи. Загальний обсяг кваліфікаційної роботи становить 77 сторінок загального друкованого тексту, містить 7 таблиць, 5 рисунків. Кваліфікаційна дипломна робота складається із вступу, 6 розділів, висновків, рекомендацій виробництву та додатків. Список використаної літератури налічує 95 найменувань.

РОЗДІЛ I

РОЛЬ МІКРООРГАНІЗМІВ ТА ЕЛЕМЕНТІВ МІНЕРАЛЬНОГО ЖИВЛЕННЯ У ФОРМУВАННІ ПРОДУКТИВНОСТІ НУТУ

1.1. Властивості нуту та його роль у народному господарстві.

Нут є другою за значенням зернобобовою культурою у світі, яку вирощують на площі близько 12,6 млн га у 55 країнах [3].

Ця культура була однією з перших одомашнених культур разом з іншими видами, такими як пшениця, ячмінь, сочевиця, льон або вика, на невеликій території на південному заході Туреччини. Вона походить від унікального предка, *Cicer reticulatum*. Археологічні дані свідчать про те, що в бронзовому віці ця культура була добре відома на Близькому Сході, а згодом поширилася до Болгарії, Греції і, зрештою, до Південної Європи. Нут був однією з перших сільськогосподарських культур, завезених до Європи через Чорне море. На початку своєї історії нут був завезений до Індії, а згодом через Середземноморський басейн на схід від Африки, через річку Ніл. Нут перетнув Атлантичний океан з початком колоніальної діяльності [5].

Зміни, що відбулися в результаті одомашнення, спочатку включали втрату стану спокою, зменшення розшарування бобів, більший розмір рослин і насіння, а також варіанти з більш прямостоячим характером росту і зниженою антоціановою пігментацією. Ключовим моментом в одомашненні нуту був перехід від озимого способу вирощування з осіннім терміном сівби до весняного, що дозволило уникнути або зменшити загрозу летального зараження ендемічним комплексом патогенів аскохітозу [5].

Нут є однією з найважливіших зернобобових культур, що вирощується для споживання людиною. Тільки на Індію припадає 66% всього світового виробництва, тоді як Австралія, Сполучені Штати та Туреччина є другорядними виробниками насіннєвої продукції даної культури.

Поживна якість насіння нуту може змінюватися залежно від впливу навколишнього середовища, клімату, поживності і біологічних властивостей ґрунту, технології вирощування, стресових факторів (біотичних та абіотичних) та промислової переробки, включаючи вплив способів приготування на поживну якість та розробку привабливих, зручних готових до вживання харчових продуктів. Сім'ядолі та зародок містять більшість поживних частин насіння, тоді як насіннєва оболонка містить багато антипоживних факторів [6]. За даними вчених, насіння нуту зазвичай містить 29% білка, 59% вуглеводів, 3% клітковини, 5% олії та 4% золи [7].

Wang та ін. [8] порівняли хімічний склад іранського нуту морфотипу кабулі та дезі, вирощеного в Східному Азербайджані та Ірані. Показники вмісту сухої речовини, ефірних екстрактів, фенольних сполук та крохмалю були дещо різними, у той час як вміст сирого протеїну, загального таніну, неволокнистих вуглеводів та розчинного цукру показали мінімальні відмінності.

Енергетична цінність нуту становить 334-437 Ккал/100 г для морфотипу нуту Дезі та 357- 446 Ккал/100 г для морфотипу Кабулі. Енергетична цінність нуту морфотипу Кабулі, як правило, дещо вища, ніж у морфотипу Дезі, вирощеного в ідентичних умовах, через вищий вміст вуглеводів та жирів у

насіннєвій оболонці морфотипу Кабулі. Загальний вміст вуглеводів у нуті вищий, ніж в інших бобових культурах. Нут містить моносахариди (рибозу, глюкозу, галактозу і фруктозу), дисахариди (сахарозу і мальтозу) та олігосахариди (стахіозу, цицеритол, рафінозу і вербаскозу). Кількість цих фракцій варіює, хоча й несуттєво, між генотипами Дезі та Кабулі [9].

Крохмаль є основною запасною речовиною вуглецю в насінні бобових культур [10]. Вміст крохмалю коливається від 41 до 50% від загальної кількості вуглеводів, причому морфотип Кабулі характеризується більшим вмістом розчинних цукрів (сахароза, глюкоза і фруктоза) порівняно з морфотипом Дезі. Повідомляється, що загальний вміст крохмалю в насінні нуту становить близько 525 г/кг сухої речовини, з яких близько 35% - резистентний крохмаль (стійкий до дії травних ферментів і перетравлення, тому не всмоктується в тонкому кишечнику здорових людей), а решта 65% - доступний (ферментативно перетравлюваний в тонкому кишківнику) крохмаль [11].

Харчові волокна є неперетравлюваною частиною рослинної їжі в тонкому кишківнику людини. Вона складається з полі/олігосахаридів, лігніну та інших речовин рослинного походження. Їх можна класифікувати на розчинні та нерозчинні волокна. Aguilera та ін. (2009) повідомляють, що загальний вміст харчових волокон іспанських сортів нуту, розрахований на основі ферментативного перетравлення нехарчових волокон, дорівнює 18-22 г/100 г сирого насіння нуту. Розчинні та нерозчинні харчові волокна становлять близько 4-8 та 10-18 г/100 г сирого насіння нуту відповідно [12]. Вміст клітковини в лущинні нуту в перерахунку на суху вагу нижчий (75%) порівняно з сочевицею (87%) і горохом (89%). Нижчий вміст харчових волокон у нуті можна пояснити складністю відділення лущиння від сім'ядолі під час розмелювання. Морфотип Дезі характеризується вищим умістом загальних харчових волокон і нерозчинних харчових волокон, порівняно із морфотипом Кабулі, що може бути пов'язано з більш товстою лущинням і насінневою оболонкою [13].

Загальний вміст жиру в сирому насінні нуту коливається від 2,70 до

. Вміст жиру в насінні нуту (6,04 г/100 г) вищий, ніж в насінні інших бобових, таких як сочевиця (1,06 г/100 г), червона квасоля (1,06 г/100 г), маш (1,15 г/100 г). Жирнокислотний склад насіння нуту складається з близько 66% поліненасичених жирних кислот (ПНЖК), близько 19% мононенасичених жирних кислот (МНЖК) і близько 15% коротколанцюгових жирних кислот (КЖК). В середньому вміст олеїнової кислоти (ОК) був вищим, а лінолевої кислоти (ЛК) - нижчим у морфотипу Кабулі порівняно з морфотипом Дезі [15].

Разом з тим, нут не можна вважати олійною культурою, оскільки вміст олії в ньому відносно низький (3,8-10%) порівняно з іншими важливими олійними бобовими культурами, такими як соя або арахіс. Однак, нутова олія має лікувальні та поживні властивості за рахунок наявності токоферолів, стеринів і токотрієнолів [16].

Концентрація білка в насінні нуту коливається від 16,7% до 30,6% для морфотипу Дезі та від 12,6% до 29,0% для морфотипу Кабулі, відповідно, і зазвичай в 2-3 рази вища, ніж у зерні злаків [17].

Основними білками, що містяться в більшості бобових, є глобуліни (легумін, віцілін) та альбуміни (включаючи ферментні білки, інгібітори протеази, інгібітори амілази та лектини). До другорядних білків відносяться проламіни і глютелін, які зазвичай асоціюються з білками зерен злаків [18].

За даними Singh et al. [19], глобулін є основним білком, що зберігається в насінні (56,0%), за ним слідують глютелін (18,1 %) альбумін (12,0%) і проламін (2,8%). Глобуліни становлять близько 70% білків насіння бобових культур і складаються з двох основних груп, що характеризуються їх коефіцієнтами седиментації: 11S (320-400 кДа) або легумін, і 7S (145-190 кДа) або віцілін.

Амінокислотний профіль нуту добре збалансований, за винятком обмеженої кількості сірковмісних амінокислот (метіонін і цистеїн, які є незамінними амінокислотами, які людина повинна отримувати з їжею через нездатність синтезувати їх самостійно) і високого вмісту лізину. Таким чином, нут є ідеальним доповненням до зернових, які, як відомо, містять більше

амінокислот сірки, але менше лізину [20].

Засвоюваність білка *in vitro* у сирому насінні нуту варіює від 34 до 76%. Вчені виявили вищі значення перетравності білка *in vitro* для генотипів нуту (65,3-79,4%) порівняно з генотипами машу (*Vigna radiata*; 67,2-72,2%), сої

Насіння нуту містить кілька водорозчинних вітамінів, таких як вітаміни групи В і вітамін С, а також кілька жиророзчинних вітамінів, таких як вітамін А (знайдений у вигляді каротиноїдів провітаміну А), вітамін Е (токофероли і токотрієноли) і вітамін К (Jukanti et al. 2012). Нут є відносно недорогим і хорошим джерелом фолієвої кислоти і токоферолів. Він є відносно хорошим джерелом фолієвої кислоти в поєднанні з більш скромною кількістю водорозчинних вітамінів, таких як рибофлавін (В2), пантотенова кислота (В5) і піридоксин (В6), і ці рівні є такими ж або вищими, ніж в інших бобових [22].

Сире насіння нуту в середньому містить близько 5,0 мг/100 г Fe, 4,1 мг/100 г Zn, 138 мг/100 г Mg і 160 мг/100 г Ca; близько 100 г насіння нуту можуть задовольнити добову потребу у Fe (1. 05 мг/добу у чоловіків та 1,46 мг/добу у жінок) та Zn (4,2 мг/добу у чоловіків та 3,0 мг/добу у жінок), а 200 г - у Mg (260 мг/добу у чоловіків та 220 мг/добу у жінок) [23].

Вміст загального заліза в нуті нижчий (5,45 мг/100 г) порівняно з іншими бобовими культурами, такими як сочевиця (8,60 мг/100 г) та квасоля (7,48 мг/100 г) (Quinteros et al., 2001). Сліди Al, Ni, Pb і Cd не становлять жодного токсикологічного ризику [24].

Важливими молекулами з антиоксидантною активністю, присутніми в насінні нуту, є: каротиноїди, фенольні сполуки (ізофлавоноїди, флавоноїди, фенольні кислоти), токофероли і вітамін С [25]. Незважаючи на потенційну харчову та оздоровчу цінність антипоживних факторів, їх наявність у нуті обмежує його біологічну цінність та використання в їжу. Антипоживні фактори перешкоджають травленню і роблять насіння несмачним при споживанні в сирому вигляді моногастричними видами тварин [26].

Антипоживні фактори можна розділити на білкові та небілкові.

Небілкові включають алкалоїди, дубильні речовини, фітинову кислоту, сапоніни та феноли, тоді як білкові включають інгібітори трипсину, інгібітори хімотрипсину, лектини та протигрибкові пептиди. Інгібітори протеаз перешкоджають травленню шляхом незворотного зв'язування з трипсином і хімотрипсином у травному тракті людини. Вони стійкі до травного ферменту пепсину та кислого рН шлунка. Антипоживні фактори можна зменшити або усунути шляхом замочування, варіння, кип'ятіння та автоклавування [27].

Нут споживають вже сотні років у всьому світі, особливо в слаборозвинених країнах, де він є важливим джерелом білка. Навіть у найбільш індустріально розвинених країнах споживання нуту та бобових загалом постійно зростає, причому не лише у вигляді сушеного чи консервованого насіння, а й у вигляді інгредієнтів функціональних продуктів харчування (наприклад, для целіакії, вегетаріанців) та готових до вживання продуктів. Сушений нут можна перемолоти на борошно, яке можна додавати до випічки, щоб збільшити вміст білка в ній. З нутового борошна можна приготувати пасту (без глютену) та листкові закуски під тиском в екструдері. Консервованій нут також можна смажити для приготування різних закусок. Хоча варений нут зазвичай не ферментують, місо на основі нуту доступний у продажу. Ферментація нуту може покращити засвоюваність його білків, а також використовуватись як антиоксидант, пребіотик та загущувач у виробництві біо-йогуртів [28].

В останні роки відпрацьована вода, що міститься в консервованому нуті, під назвою аквафаба, набула популярності як рослинний емульгатор в емульсіях, таких як майонез у веганських продуктах [29]. Прикладами харчових продуктів з нуту є сушені (окремо, з іншими бобовими, зі злаками), консервовані (гідратовані), борошняні (макарони, закуски), смажені, хумус, ферментовані (місо), роздроблені (крихти) та аквафаба [30].

Харчова переробка покращує або перетворює фізичні та біохімічні властивості відносно громіздкої, швидкопсувної і, як правило, неїстівної сировини на більш корисні, з доданою вартістю, стійкі до зберігання, безпечні,

смачні та економічно вигідні продукти [31, 32]. Покращення засвоюваності, функціональності та придатності бобових як інгредієнтів для харчових продуктів було досягнуто шляхом модифікації фізико-хімічних, структурних, функціональних та термічних властивостей цільного насіння, борошна або фракцій [33].

Хоча бобові споживаються протягом тисячоліть завдяки своїм поживним якостям [34], лише протягом останніх двох-трьох десятиліть інтерес до бобових як продуктів харчування та їх потенційного впливу на здоров'я людини збільшився. Повідомляється, що споживання нуту має певні фізіологічні переваги, які можуть знизити ризик хронічних захворювань та оптимізувати стан здоров'я. Тому нут потенційно може розглядатися як «функціональний продукт харчування» на додаток до його загальноприйнятої ролі постачальника білків і клітковини. Нут є відносно недорогим джерелом різних вітамінів, мінералів і деяких біологічно активних сполук (фітатів, фенольних сполук, олігосахаридів тощо), які можуть допомогти потенційно знизити ризик хронічних захворювань [35].

1.2. Роль мікроорганізмів у покращанні поживного режиму рослин.

Рослина, що росте в польових умовах, перебуває у складному співтоваристві із добре структурованою і регульованою спільнотою мікроорганізмів [36, 37]. Мікробіомні відносини існують з усіма багатоклітинними організмами і, ймовірно, з усіма еукаріотами. Насправді, вони, ймовірно, існували ще до заселення землі рослинами [38].

Ця мікробна спільнота була пов'язана з наземними рослинами з самого початку їхньої еволюції, допомагаючи раннім наземним рослинам долати такі виклики, як доступ до поживних речовин, нові і часто стресові умови та патогени. Існують елементи фітомікробіому (включаючи бактерії та гриби), пов'язані з усіма основними структурами рослин (квіти, плоди, стебла, листя і коріння) [39].

Однак умови в цих структурах суттєво відрізняються, що призводить до того, що в кожній з них мешкають спеціалізовані мікробні популяції. Мікробне угруповання, пов'язане з корінням (ризомікробіом), є найбільш чисельним і розвиненим серед усіх угруповань, пов'язаних з вищими рослинами. Найбільш вивченим і описаним прикладом є азотфіксуючі ризобії, що співіснують з бобовими рослинами [40]. Рослина здійснює значний контроль над складом ризомікробіому [41].

Вона продукує кореневі екsudати різного складу, які можуть бути більш придатними як джерело відновленого вуглецю для одних мікробів, ніж для інших. Рослина також продукує сигнальні сполуки, які залучають певні види і регулюють їхню генетичну та біохімічну активність [42]. Крім того, мікробне угруповання ґрунту здійснює різні аспекти саморегуляції. Мікроби можуть виробляти чутливі до кворуму сполуки для спілкування, коли умови вимагають колективних фізіологічних змін [43].

Рослини еволюціонували, щоб реагувати на мікробні сполуки, що визначають кворум, і виробляти аналоги, забезпечуючи рослинам новий рівень регуляції ризомікробіому [44]. Нарешті, зараз стає очевидним, що у фітомікробіомі існує певний ступінь ієрархії і що існують ключові члени, названі «центральною видами» [45] або «основними видами» [46], діяльність яких регулюється рослинами, а центральні види, в свою чергу, регулюють більш широку діяльність у фітомікробіомі. Більшість хаб-видів, ймовірно, були частиною фітомікробіому протягом дуже тривалого часу, що дозволило їм зайняти центральне положення [47].

У ґрунті існує градієнт близькості між корінням рослин і мікробами, що простягається від кореня рослини: ступінь впливу рослин на мікробну спільноту зростає ближче до поверхні кореня. Цю зону зараз прийнято називати ризосферою. Зараз мікроби, що живуть на поверхні кореня, називають ризосферою, а ті, що живуть всередині кореня - ендofітами (Zhang

Мітохондрії та пластиди (включаючи хлоропласти) є одними з

найстаріших і найбільш інтимних аспектів фітомікробіому. Вони еволюціонували з асоційованих з рослинами мікробів у постійні субклітинні структури, які ми бачимо сьогодні [48].

Коеволюція рослин і мікробів призвела до того, що деякі бактерії стали факультативними внутрішньоклітинними ендofітами [49].

Серед цих вільноживучих бактерій є PGPR або так звані корисні мікроорганізми, які здійснюють позитивний вплив на рослини через прямі та опосередковані механізми. Корисні ризобактерії використовуються для покращення поглинання води та поживних речовин, стійкості до абіотичних та біотичних стресів. Незважаючи на те, що численні ґрунтові бактерії сприяють росту і розвитку рослин, способи дії, за допомогою яких бактерії проявляють свою корисну активність, часто є недостатньо вивченим. Молекулярні основи механізмів взаємодії рослин і бактерій, що відповідають за фізіологічні зміни, починають розпізнаватися, головним чином, завдяки новим підходам «оміки».

Ґрунти з динамічною мікробною екологією та високим вмістом органічної речовини, як правило, мають нижчі потреби в добривах, ніж ґрунти, що обробляються традиційно [50]. Наприклад, об'ємна мікробна активність у ґрунтах часто враховується при управлінні внесенням органічних джерел поживних речовин.

Дослідження фітомікробіому починають виявляти специфічні взаємодії між рослинами та мікробами, які безпосередньо сприяють живленню рослин (Beattie, 2015). Мікроби, які допомагають рослинам засвоювати поживні речовини (біодобрива), діють за допомогою різних механізмів, включаючи збільшення площі поверхні, доступної для коріння рослин, фіксацію азоту, фосфор-розчинення та продукування сидерофорів [51].

Таким чином, маніпулювання мікробною активністю має великий потенціал для забезпечення потреб сільськогосподарських культур у поживних речовинах. Найбільш вивченим і використовуваним видом взаємовідносин між корисними рослинними бактеріями є азотфіксуючий симбіоз між ризобіями та бобовими культурами. У цих відносинах бобові забезпечують ризобії

відновленим вуглецем і захищеним анаеробним середовищем, необхідним для активності нітрогенази, в той час як ризобії забезпечують бобові біологічно доступним азотом. В рамках цього симбіозу як ризобії, так і бобові зазнають значних перетворень. Бобові утворюють новий орган - бульбочку, в якій розміщуються ризобії, а ризобії, в свою чергу, перетворюються з вільноживучих паличкоподібних клітин на розгалужені бактероїди, що фіксують азот [52]. Ризобіальна азотфіксація вносить значну кількість азоту в глобальні сільськогосподарські системи, за оцінками, від 20-22 Тг азоту на рік

Ризобіальні інокулянти бобових культур є найпершим прикладом комерційних мікробних продуктів у сільському господарстві і досі є найбільш широко використовуваними сільськогосподарськими інокулянтами [55].

Однак генетичне покращення ефективності азотфіксуючого симбіозу ризобій і культурних рослин було важкодосяжним. Фіксація атмосферного азоту і перетворення його в аміак є енергоємним процесом, а це означає, що для підвищення азотфіксації в бактеріальній клітині слід надавати перевагу окиснювальному фосфорилуванню джерел вуглецю з утворенням АТФ над синтезом глікогену в клітині. Однак експерименти з мутантами *Rhizobium* незважаючи на збільшення вмісту сухої речовини і кількості бульбочок в інокульованих рослинах квасолі [56]. На початку 21-го століття інтерес до розробки комерційних інокулянтів вільноживучих азотфіксуючих бактерій почав зростати [57].

Ці вільноживучі діазотрофи забезпечують азотом набагато ширший спектр культурних рослин, ніж ризобії. Комерційні інокулянти *Azospirillum*, що виробляються малими та середніми компаніями по всьому світу, виявилися ефективними для підвищення врожайності різних зернових культур [58]. Доведено, що інші бактерії, які не фіксують азот, збільшують його поглинання рослинами, підвищуючи таким чином ефективність використання азоту [59,

доступ до більшої кількості ґрунту [61].

Відповідно до закону мінімуму Лібіха, наступним найбільш лімітуючим поживним елементом для сільськогосподарських рослин після N зазвичай є фосфор. Хоча більшість сільськогосподарських ґрунтів містять достатню кількість P, значна його частина знаходиться в нерозчинних формах. Щоб доповнити природний вміст фосфору в ґрунті, культури зазвичай удобрюють кам'яним фосфатом, який видобувають з одного з кількох великих родовищ (за оцінками, до 85% світових запасів кам'яного фосфату знаходиться в Марокко і Західній Сахарі). Крім того, мікроорганізми, що розчиняють фосфор (PSM), можуть допомогти рослинам отримати доступ до запасів нелабільного фосфору, вивільняючи його з важкодоступних форм. Неорганічний фосфор у комплексі з Ca, Fe або Al може бути солубілізований органічними кислотами або іонами H^+ , що виділяються мікроорганізмами, що розчиняють фосфор. Аналогічно, фітаза, що продукується фосфор солубілізуючими мікроорганізмами, може вивільняти реакційноздатний P з органічних сполук. Фосфатсолубілізуючі мікроорганізми продукують органічні кислоти для зменшення токсичності металів, використовуючи ці сполуки для перетворення видів металів у нерухомі форми або хелатування для їхньої мобільності з метою перенесення в тканини рослин для подальшої фітоекстракції [62].

Іншою важливою позитивною дією корисних мікроорганізмів є продукування рослинних гормонів. Адже фітогормони є ключовими гравцями в регуляції росту і розвитку рослин. Вони також функціонують як молекулярні сигнали у відповідь на фактори навколишнього середовища, які в іншому випадку обмежують ріст рослин або стають летальними, якщо їх не контролювати [63].

Відомо, що багато ризосферних бактерій виділяють гормони для кореневого живлення або маніпулюють гормональним балансом у рослинах, щоб прискорити ріст і стресову реакцію. Багато корисних мікроорганізмів можуть виробляти ауксини, які мають особливо сильний вплив на ріст коренів та їх архітекtonіку [64].

Індол-3-оцтова кислота (ІОК) є найбільш вивченим ауксином, що продукується мікроорганізмами. Вона приймає участь у взаємодії між рослинами та мікроорганізмами [65]. За оптимальних концентрацій індол-3-оцтової кислоти в рослинах застосування бактеріальної індол-3-оцтової кислоти може мати нейтральний, позитивний або негативний вплив на ріст рослин [66]. Показано, що мікроорганізми, які продукують ауксини, викликають транскрипційні зміни в гормональних, захисних генах та генах клітинної стінки, індукують довші корені, збільшують біомасу коренів та зменшують розмір і щільність продихів, а також активують гени ауксинової відповіді, які посилюють ріст росли [67].

Деякі штами корисних мікроорганізмів можуть продукувати відносно велику кількість гіберелінів, що призводить до посиленого росту пагонів рослин [68]. Взаємодія цих гормонів з ауксинами може змінювати архітектуру коренів [69]. Продукування цитокінінів мікроорганізмами також може призвести до посиленого продукування рослиною кореневого ексудату [70], що потенційно збільшує присутність штаму мікроорганізмів, пов'язаного з рослиною.

Роль корисних мікроорганізмів набуває все більшого значення в управлінні стресом і розвитку сільського господарства, стійкого до зміни клімату. Нещодавні дослідження з використанням молекулярних методів для розуміння способу взаємодії між рослинами та мікроорганізмами, що призводить до індукованої стійкості до стресу. Застосування туріцину, продукованого *Bacillus thuringiensis*, до сої в умовах водного дефіциту призвело до модифікації корневих структур і збільшення кореневої та бульбочкової біомаси, довжини коренів, та вмісту загального азоту [71].

Рослини бавовнику (*Gossypium hirsutum*), інокульовані *Bacillus* spp. демонстрували підвищену секрецію госсиполу та жасминової кислоти, що зменшувало живлення личинок *Spodoptera exigua*. Рівні транскриптів генів, залучених до синтезу алелохімікатів та жасмонатів, були вищими в інокульованих рослинах, які і пригнічення шкідника [72]. *Enterobacter asburiae*

індукує стійкість до вірусу жовтого скручування листя томатів шляхом збільшення експресії генів, пов'язаних із захистом, та антиоксидантних ферментів, включаючи фенілаланінаміакліази, пероксидази, каталази та супероксиддисмутази [73].

1.3. Роль елементів мінерального живлення у процесі формування продуктивності нуту.

Оптимальний ріст і розвиток рослин можливий лише за достатньої забезпеченості рослин макро- та мікроелементами. [1].

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

Рослини мають обмежену здатність вибірково поглинати ті мінеральні поживні речовини, які необхідні для їхнього росту. Вони також поглинають

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

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

Рослини не можуть використовувати неорганічний азот як такий, тому він повинен бути відновлений. Два важливих ферменти засвоєння N - нітратредуктаза та нітритредуктаза - беруть участь у відновленні окисленої форми N, тобто NO_3^- до NH_4^+ . Інші ферменти шляху засвоєння N включають глутамінсинтетазу (GS), глутаматсинтетазу (GOGAT), глутаматдегідрогеназу ферменти відповідають за включення NH_4^+ в такі амінокислоти, як глутамін, глутамат, аспарагін і аспартат. Основна функція азоту полягає в забезпеченні

аміногруп в амінокислотах, що входять до складу основ нуклеотидів пуринів і піримідинів. Крім того, азот є важливою складовою багатьох небілкових сполук, таких як коферменти, фотосинтетичні пігменти, вторинні метаболіти, поліаміни та вітаміни.

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

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

Рослини, вирощені за умов надлишку азоту, зазвичай мають листові пластинки темно-зеленого забарвлення, формують досить розвинену листову поверхню, але у той же час, їх коренева система є недостатньо розвиненою [74,

Фосфор є другим за важливістю елементом розвитку рослин. Майже 90 % даного елементу фіксується в ґрунті у формі фосфатів алюмінію/заліза або кальцію/магнію, залежно від рН ґрунту. Рослини не можуть використовувати ці фіксовані або нелабільні форми Р з ґрунту. Інша частина нерозчинного Р, так звана лабільна фракція, обмінюється з ґрунтовим розчином. Це єдина форма Р, доступна рослинам для поглинання. Тому дефіцит Р є широко розповсюдженим явищем. Оскільки фосфорні добрива виробництво отримує з гірських фосфатів, Р вважається невідновлюваним ресурсом, який, як очікується, буде вичерпано протягом наступних 50-60 років. Форма, в якій Р знаходиться в ґрунтовому розчині, залежить від рН, але при типовому рН ґрунтового розчину Р зустрічається виключно у вигляді H_2PO_4^- , переважної форми неорганічного Р, що поглинається рослинами.

У відповідь на постійний дефіцит Р, рослини виробили багато адаптивних морфологічних, фізіологічних і молекулярних механізмів. Вони

включають зміни у розвитку кореневої системи (збільшення площі кореневої поверхні, кількості тонких корневих волосків, довжини коренів), індукцію високоафінних транспортерів Р, збільшення секреції ферменту кислої фосфатази та низькомолекулярних органічних кислот, симбіотичні асоціації з мікоризними грибами та зміни в активності кількох ключових фотосинтетичних ферментів.

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

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

Р відіграє важливу роль у реакціях передачі енергії. Це включає утворення та розрив пірофосфатного зв'язку для підтримання енергетичного гомеостазу в клітинних процесах. При гідролізі одного моля АТФ вивільняється 30 кДж енергії. АТФ є основою багатьох синтетичних шляхів, а інші подібні багаті на енергію фосфонуклеотиди (УТФ, ЦТФ і ГТФ) відіграють центральну роль у метаболізмі нуклеїнових кислот.

приймає участь у синтезі сахарози, крохмалю та целюлози, та забезпечує енергією біосинтез фосфоліпідів. Багаті на енергію фосфати, такі як АТФ, ГТФ, АДФ, модулюють активність ферментів шляхом зворотного

фосфорилування. Велика кількість Р, що зберігається в насінні у вигляді фітинової кислоти, сприяє розвитку ембріона, проростанню насіння та росту проростків. Р відіграє вирішальну роль у процесі фотосинтезу. Зазвичай фотосинтез лімітується активністю Рубіско або здатністю до регенерації рибулозо-1,5-бісфосфату. В умовах достатнього освітлення фотосинтетична активність рослини є оптимальною за концентрації Р у хлоропластах в діапазоні 2,0-2,5 мМ. Зменшення концентрації Р у хлоропластах до 1,4-1,0 мМ призводить до пригнічення фотосинтетичної діяльності рослин.

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

Навпаки, надмірна кількість Р є токсичною для рослин. Це явище проявляється у затримці формування репродуктивних органів [76].

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

Рослини поглинають К у вигляді одновалентного катіону K^+ . Його поглинання в рослинних тканинах відбувається з високою швидкістю завдяки відносно високій проникності рослинних мембран. Така висока проникність мембран для калію зумовлена наявністю в них іонофорів, які полегшують дифузію К. Крім пасивного поглинання, К також потрапляє в корені рослин через високоафінні та низькоафінні транспортери.

К є дуже мобільним на всіх рівнях рослинного організму, тобто в межах окремих клітин, тканин і при транспортуванні на великі відстані по ксилемі та

флоемі. Основна його частина поглинається рослинами у період активного розвитку вегетативної частини. Великий потік К від пагона до кореня підтримується через флоему, що має вирішальне значення для підтримання гомеостазу К та забезпечення постійного надходження катіонів, які супроводжують аніони, такі як NO_3^- , для їхнього руху до пагона.

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

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

К легко перерозподіляється в рослинних тканинах, тому симптоми нестачі спочатку з'являються на старих листках. Типовим симптомом нестачі К є розвиток хлорозу, який пізніше перетворюється на некротичні ураження на кінчику листка, що поширюються вниз по краях. За сильного дефіциту К молоді листки також стають хлоротичними. Іншими ознаками дефіциту К є скручування листя та вкорочення міжвузлів, що призводить до затримки росту. Сильний дефіцит К спричиняє накопичення редуруючих цукрів і виснаження органічних кислот, а також синтез токсичних амінів, таких як путресцин і агматин, шляхом декарбоксилювання аргініну. Високий вміст калію в живильному середовищі зазвичай не викликає жодних токсичних симптомів у рослин [77].

Бор - це неметалічний елемент, і Варінгтон [78] був першим вченим, який вперше описав його як мікроелемент у 1923 році. Він відіграє важливу роль у метаболізмі людини і є надзвичайно важливим на різних рівнях живих організмів [79]. Однак різні види потребують різного рівня бору для свого

оптимального росту [80].

1 Рослини потребують бору в мізерних кількостях, однак незважаючи на це його роль у метаболічних процесах є значною. Він допомагає стабілізувати клітинні стінки рослин, цілісність мембран, транспорт цукру та утилізацію кальцію і азоту [81-83]. Крім того, бор є елементом, що визначає репродуктивність рослин, внаслідок його впливу на процеси запилення і запліднення та формування плодів. Роль даного елемента є більш вираженою під час репродуктивної стадії розвитку. Вчені зазначають, що його дефіцит у цей період призводить до стерильності пилку і значною мірою знижує врожайність зерна [84].

Разом з тим, вчені зазначають, що дефіцит бору опосередковано впливає на фотосинтез, послаблюючи судинні тканини, відповідальні за транспорт іонів [85]. Так є припущення, що порушення в мембранах хлоропластів, продиховому апараті, градієнті енергії через мембрану і тилакоїдному транспорті електронів є основною причиною зниження фотосинтезу в умовах дефіциту бору [86].

Було показано, що під час проростання пилкової трубки бор підвищує ймовірність зав'язування плодів та збільшує насінневу продуктивність, що призводить до підвищення врожайності культур. Результати досліджень, проведених із різними культурами показали, що адекватне забезпечення рослин даним елементом зменшує кількість пустих колосків і підвищує врожайність до 5,5% у ячменю [87], збільшує довжину колоса і вміст пігментів у рослинах, зменшує ймовірність стерильності у пшениці [88], а також покращує якість і термін зберігання томатів [89].

Забезпеченість рослин бором впливає на доступність і поглинання рослинами інших поживних речовин з ґрунту. Очевидне збільшення поглинання і транслокації фосфору, азоту, калію, цинку, заліза і міді в листі, бруньках і насінні було помічено після удобрення бором бавовнику [90].

РОЗДІЛ 2

УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Характеристика умов місця проведення досліджень

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

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

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

За наявними значеннями агрохімічних показників ґрунт може вважатися придатним для цілей виробництва продукції наявних у господарстві сільськогосподарських культур. Так вміст гумусу в горизонті 0-20 см становить 4,9-5,2 %, у горизонті 35-45 см – 3,72-4,07 %, у горизонті 1,5 м – 0,6-0,7 %. В орному шарі ґрунту ємкість поглинання катіонів знаходиться на рівні 33,0-35,0 мг-екв. на 100 г.

Реакція ґрунтового розчину є слабкокислою, із рН сольової витяжки на знаходиться на рівні 6,3. Гідролітична кислотність ґрунту становить 1,6-1,9 мг-екв. на 100 г ґрунту. Величини вмісту основних елементів у орному шарі ґрунту знаходяться на рівні: для азоту що гідролізується – 5,44-8,10 мг, (визначено за методикою Тюріна і Кононової), рухомого фосфору – 10-15 мг (визначено за методикою Чирикова), калію – 16-20 мг на 100 г ґрунту (визначено за методикою Маслової).

2.2. Погодні умови місця проведення досліджень

Вегетаційний період нуту у 2023 році характеризувався контрастними погодними умовами. Початкові етапи розвитку досліджуваної культури відбувалися за помірного прогрівання повітря та достатнього вологозабезпечення. Середня температура повітря у квітні становила 9,8 °С, у той час як середньобагаторічна величина даного показника була на рівні 9,3 °С. в цілому за місяць випало 30,9 мм дощу. Розвиток рослин у травні відбувався за дещо вищих за середньобагаторічні показники, але достатньо помірних значень температури повітря та досить нерівномірного розподілу опадів. Їх значна частина випала у другій декаді місяця, у той час як перша і третя декади були посушливими. Активний розвиток надземної частини нуту припав на червень, що характеризувався підвищеними на 0,9 °С значеннями середньодобової температури повітря порівняно із багаторічними показниками. В цілому за місяць випало 33,8 мм дощу, що на 27,9 мм менше за багаторічні значення. Достигання нуту відбувалося за жарких посушливих умов липня та недостатньої вологозабезпеченості рослин, що відповідно негативно відобразилося на формуванні продуктивності рослин (табл. 2.1).

Таблиця 2.1

Значення температури повітря та кількості опадів за вегетаційний період 2023 року

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

Опади, мм багаторічна норма за місяць	31,2	45,5	65,2	61,1	42,7
---------------------------------------	------	------	------	------	------

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

Таблиця 2.2

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

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

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

2.3. Методика проведення досліджень

Закладання досліду і проведення запланованих експериментів відбувалося на території державного підприємства “Дослідне господарство “Степне” Інституту свинарства і АПВ НААН” впродовж 2023 і 2024 років.

Основними факторами, що вивчалися у нашому дослідженні були:

(фактор А) – інокуляція насіння біопрепаратом на основі бульбочкових азотфіксуючих бактерій *Mesorhizobium ciceri* (BiNitro Нут, 2,0 л/т) (БНН), та корисних мікроорганізмів *Glomus VS* та *Trichoderma Harzianum* (Мікофренд, 1,5 кг/т) (МФ);

(фактор В) – різні рівні забезпеченості рослин елементами мінерального живлення $N_0P_0K_0$, $N_{20}P_{50}K_{50}$ та $N_0P_0K_0+B$, $N_{20}P_{50}K_{50}+B$.

Нут сорту Тріумф вирощували у досліді із рендомізованим розміщенням варіантів і повторень. Повторність розміщення варіантів у досліді була чотириразовою. Площа однієї ділянки становила 40 м². Нут вирощувався за рекомендованої технологією, із виключенням елементів, що вивчалися.

Для проведення аналізу розвитку вегетативної частини рослин у динаміці під час настання фаз гілкування, бутонізації, цвітіння, формування бобів, та досягання насіння кожен раз відбирали по 10 рослин. При цьому вимірювали висоту рослин, а також визначали їх суху масу. Вимірювання площі листової поверхні у динаміці методом висічок проводили у фазах гілкування, цвітіння, формування бобів і наливу насіння.

Безпосередньо перед збиранням врожаю насіння нуту відбирали проби для визначення величини елементів індивідуальної продуктивності рослин (кількість бобів, кількість насінин у одному бобу, маса насіння з однієї рослини, маса 1000 насінин) [91].

РОЗДІЛ 3

ВПЛИВ БІОПРЕПАРАТІВ І МІНЕРАЛЬНОГО УДОБРЕННЯ НА ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ НУТУ

3.2. Вплив біопрепаратів та мінерального удобрення на висоту рослин нуту.

Ріст рослин являє собою незворотне збільшення біомаси, яке проявляється в збільшенні довжини і діаметра рослини. Збільшення біомаси підтримується поділом і подовженням клітин. Всі рослини ростуть. Різниця полягає в швидкості росту, яка буває або повільною, або швидкою. Ріст припиняється у певний момент життєвого циклу рослини. На це впливає взаємодія генів і навколишнього середовища. Навколишнє середовище має значний вплив на ріст рослин. Фактор навколишнього середовища є світло, температура, вода і поживний режим. Інтенсивне зростання відбувається при мінімальних абіотичних і біотичних стресах. 17 основних поживних речовин є необхідними для росту і розвитку рослинам. Загальний ріст і розвиток рослин гальмується від дефіциту азоту.

Ріст є фундаментальною характеристикою живого організму. Це поняття визначити як необоротне збільшення в розмірах органу, його частин або навіть окремої клітини. Як правило, ріст відбувається за рахунок протікання в організмі метаболічних процесів, які відбуваються за рахунок поглинутої і перетвореної у рослинах енергії сонячної радіації. Ріст рослин обумовлений наявністю меристем в певних місцях їх тіла. Клітини таких меристем мають здатність ділитися і самовідновлюватися. Продукт, однак, незабаром втрачає здатність до поділу, і такі клітини утворюють тіло рослини. Ріст рослин виражається рядом параметрів, основними з яких є збільшення лінійних розмірів у висоту.

Всі рослини ростуть, різниця полягає в швидкості росту, яка буває або повільною, або швидкою. Зростання припиняється у певний момент життєвого циклу рослини. На це впливає взаємодія генетичних особливостей і факторів навколишнього середовища, серед яких вагому роль поряд із освітленням, температурою повітря, вологозабезпеченість, відіграє забезпеченість рослин поживними речовинами.

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

Таблиця 3.1

Висота рослин нуту залежно від застосування біопрепаратів та мінерального удобрення, см (2023-2024 рр.)

Інокуляція насіння	Удобрення	Фази росту і розвитку рослин				
		гілкування	бутонізація	цвітіння	формування бобів	достигання насіння
-	N ₀ P ₀ K ₀	9,2	21,8	27,5	39,7	41,3
	N ₂₀ P ₅₀ K ₅₀	11,3	23,2	29,3	41,4	43,4
	N ₀ P ₀ K ₀ +B	10,1	22,6	28,4	40,5	41,9
	N ₂₀ P ₅₀ K ₅₀ +B	12,4	24,4	30,6	42,6	44,8
БНН	N ₀ P ₀ K ₀	10,1	22,5	28,7	40,8	42,5
	N ₂₀ P ₅₀ K ₅₀	12,6	24,8	30,9	42,6	44,9
	N ₀ P ₀ K ₀ +B	11,5	23,9	29,7	41,5	43,2
	N ₂₀ P ₅₀ K ₅₀ +B	13,4	25,3	32,5	43,3	45,6
БНН+МФ	N ₀ P ₀ K ₀	11,2	23,7	29,6	41,5	43,9
	N ₂₀ P ₅₀ K ₅₀	13,3	25,3	32,3	44,1	45,2
	N ₀ P ₀ K ₀ +B	12,6	24,9	31,9	43,2	44,4
	N ₂₀ P ₅₀ K ₅₀ +B	14,1	26,2	33,6	45,8	46,7

Від фази гілкування до фази цвітіння спостерігалось досить інтенсивне збільшення лінійних розмірів надземної частини рослин нуту. Від початку цвітіння до формування бобів було занотовано гальмування лінійних приростів рослин у висоту, що могло бути пов'язано із спрямуванням синтезованих органічних сполук до репродуктивних органів. Під час формування, розвитку і досягання бобів і насіння у них лінійний приріст рослин нуту у висоту був мінімальним. Відомо, що для забезпечення росту і розвитку рослини потребують 17 основних поживних елементів. Хоча відомо, що елементом, що визначає інтенсивність наростання надземної вегетативної маси рослин і відповідного збільшення їх лінійних розмірів є азот та його комбінація із фосфором і калієм.

Дані представленої таблиці чітко вказують на те, що найнижчі показники ростових характеристик нуту, тобто висота рослин, були занотовані на контрольному варіанті, тобто без застосування мінеральних і біологічних добрив.

Разом з тим, отримані результати дослідження показали, позитивний вплив NPK, біодобрив, позакореневого підживлення бором та їх поєднання на лінійний приріст рослин впродовж усього періоду вегетації.

Щодо впливу хімічних добрив, то дані таблиці показують, збільшення висоти рослин у варіанті внесення $N_{20}P_{50}K_{50}$ під час досягання зерна на 2,1 см щодо контролю.

Обприскування посівів нуту бором у фазу гілкування покращувало умови для проходження ростових процесів у рослинах, що виражалось у збільшенні їх головного стебла на 1,5 см порівняно з контролем.

Його поєднання із внесенням мінеральних добрив сприяло збільшенню значень даного показника на 3,0-3,9 см щодо контролю.

У варіантах із застосуванням біопрепарату на основі азотфіксуючих бактерій, висота рослин впродовж вегетаційного періоду нуту перевищувала

контрольний варіант і у фазі досягання зерна становила 42,5 см проти 41,3 см – на контрольному варіанті.

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

Поєднання інокуляції насіння і підживлення рослин бором по листу у фазі гілкування забезпечило збільшення значень висоти рослин на 1,9 см щодо контролю.

Мінеральне удобрення виявилось більш ефективним у цьому відношенні, про що свідчить перевищення значень даного параметру розвитку рослин на 8,71 % щодо контролю.

Поєднання інокуляції насіння, внесення мінеральних добрив і позакореневого підживлення посівів бором забезпечило покращання умов для лінійного росту надземної частини рослин нуту. Про це свідчить збільшення їх висоти порівняно з контрольним варіантом на 4,3 см.

Комплексне застосування біопрепаратів на основі азотфіксуючих і корисних мікроорганізмів забезпечило збільшення значень даного показника на 2,6 см щодо контролю.

Рослини, насіння яких піддавалося інокуляції комплексом біопрепаратів у поєднанні з позакореневим внесенням бору, характеризувалися більш інтенсивними лінійними приростами надземної частини впродовж вегетаційного періоду, ніж рослини попереднього варіанта дослідження. Однак внесення мінеральних добрив виявилось більш ефективним у цьому відношенні, адже застосування даного агроприйому забезпечило підвищення значень висоти рослин до 45,2 см.

Дані також показали, що найвищі значення висоти рослин були відмічені у варіантах комплексного поєднання усіх досліджуваних факторів досліду, де значення даного показника загалом по досліду були найбільшими (46,7 см).

3.2. Вплив біопрепаратів та мінерального удобрення на динаміку розвитку листкової поверхні посівів нуту.

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

Дані таблиці свідчать про нерівномірність збільшення величини листкової поверхні посівів нуту впродовж вегетаційного періоду. На початку вегетації рослини формували листову поверхню незначних розмірів. Період від гілкування до цвітіння характеризувався найбільш інтенсивним розвитком асиміляційної поверхні рослин. Піку свого розвитку вона досягала у фазі формування бобів. У цей час величина площі листкової поверхні посівів нуту залежно від застосування досліджуваних факторів сягала значень 24,2-29,4 тис. м²/га. Надалі, від формування бобів до наливу зерна розміри листкової поверхні посівів поступово зменшувалися, здебільшого за рахунок підсихання рослин і відмирання листків нижніх ярусів.

Результати дослідження показали, позитивний вплив факторів, що вивчалися та їх поєднання на величину листкової поверхні посівів нуту. Дані

представленої таблиці показують, що найменші параметри площі листкової поверхні були відмічені у контрольному варіанті (табл. 3.2).

Таблиця 3.2

Динаміка наростання листкової поверхні нуту залежно від застосування біопрепаратів та мінерального удобрення, тис. м²/га (2023-2024 рр.)

Інокуляція насіння	Удобрення	Фази росту і розвитку рослин				
		гілкування	бутонізація	цвітіння	формування бобів	достигання насіння
-	N ₀ P ₀ K ₀	2,79	8,32	19,3	24,2	8,54
	N ₂₀ P ₅₀ K ₅₀	3,08	9,25	21,4	25,9	9,21
	N ₀ P ₀ K ₀ +B	2,94	8,75	20,7	24,8	8,87
	N ₂₀ P ₅₀ K ₅₀ +B	3,12	10,13	21,9	26,3	9,56
БНН	N ₀ P ₀ K ₀	2,86	8,84	20,1	25,7	8,63
	N ₂₀ P ₅₀ K ₅₀	3,12	9,47	22,3	27,2	9,45
	N ₀ P ₀ K ₀ +B	2,93	9,12	21,6	26,7	9,13
	N ₂₀ P ₅₀ K ₅₀ +B	3,32	10,45	22,8	28,3	10,1
БНН+МФ	N ₀ P ₀ K ₀	2,93	9,14	21,4	26,2	9,89
	N ₂₀ P ₅₀ K ₅₀	3,27	10,75	23,3	27,9	10,2
	N ₀ P ₀ K ₀ +B	3,09	10,08	22,5	27,7	10,1
	N ₂₀ P ₅₀ K ₅₀ +B	3,34	11,3	24,4	29,4	11,3

Щодо впливу хімічних добрив, то дані таблиці показують вищі параметри площі листкової поверхні посівів нуту у варіанті внесення N₂₀P₅₀K₅₀ під час формування бобів на 1,7 тис. м²/га щодо контролю.

Обприскування посівів бором у фазу гілкування покращувало умови для проходження ростових процесів у рослинах та наростання їх асиміляційної поверхні, що виражалося у збільшенні параметру, що досліджувався на 0,6 тис. м²/га порівняно з контролем.

Його поєднання із внесенням мінеральних добрив сприяло збільшенню значень площі листової поверхні посівів нуту на 2,1 тис. м²/га щодо контролю. У варіантах із застосуванням біопрепарату на основі азотфіксуючих бактерій, площа листової поверхні посівів нуту перевищувала контрольний варіант у фазі формування бобів на 1,2 тис. м²/га.

Поєднання інокуляції насіння і підживлення рослин бором по листу у фазі гілкування забезпечило збільшення значень площі листової поверхні посівів нуту у фазі піку розвитку листової поверхні (формування бобів) на 2,5 тис. м²/га щодо контролю. Мінеральне удобрення виявилось більш ефективним у цьому відношенні, про що свідчить перевищення значень даного параметру розвитку рослин на 3,0 тис. м²/га щодо контролю.

Поєднання інокуляції насіння, внесення мінеральних добрив і позакореневого підживлення посівів бором забезпечило покращання умов для формування листової поверхні рослин нуту. Про це свідчить збільшення значень показника, що досліджувався порівняно з контрольним варіантом на 4,1 тис. м²/га.

Комплексне застосування біопрепаратів на основі азотфіксуючих і корисних мікроорганізмів забезпечило збільшення значень даного показника на 2,0 тис. м²/га щодо контролю.

Рослини, насіння яких піддавалося інокуляції комплексом біопрепаратів у поєднанні з позакореневим внесенням бору, характеризувалися більш інтенсивним наростанням листової поверхні впродовж вегетаційного періоду. Площа листової поверхні посівів нуту у даному варіанті у фазі формування бобів сягала значень 27,7 тис. м²/га. Однак внесення мінеральних добрив виявилось більш ефективним у цьому відношенні.

Найвищі значення площі листкової поверхні посівів нуту були відмічені у варіанті комплексного поєднання усіх досліджуваних факторів досліду (29,4 тис. м²/га).

3.3. Вплив біопрепаратів та мінерального удобрення на тривалість і продуктивність фотосинтетичної діяльності листкової поверхні посівів нуту.

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

Результати досліджень свідчать про позитивний вплив елементів технології, що вивчалися та їх поєднання на динаміку формування листкової поверхні та тривалість її активної фотосинтетичної роботи. У варіантах мінерального удобрення величина фотосинтетичного потенціалу посівів нуту перевищувала контрольний варіант на 0,28 млн.м²діб/га.

Обприскування посівів бором у фазу гілкування покращувало умови наростання асиміляційної поверхні посівів нуту та перебування її у активному стані, що виражалось у збільшенні параметру, що досліджувався на 0,15 млн.м²діб/га порівняно з контролем.

Його поєднання із внесенням мінеральних добрив сприяло збільшенню фотосинтетичного потенціалу посівів нуту на 0,45 млн.м²діб/га щодо контролю.

У варіантах із застосуванням біопрепарату на основі азотфіксуючих бактерій, фотосинтетичний потенціал посівів нуту перевищував контрольний варіант на 0,10 млн. м²діб/га.

Поєднання інокуляції насіння і підживлення рослин бором по листу у фазі гілкування забезпечило збільшення значень даного показника на 0,20 млн.м²діб/га щодо контролю.

Поєднання інокуляції насіння і мінерального удобрення виявилось більш ефективним у цьому відношенні, про що свідчить перевищення значень фотосинетичного потенціалу посівів нуту на 0,37 млн.м²діб/га щодо контролю (рис. 3.1).

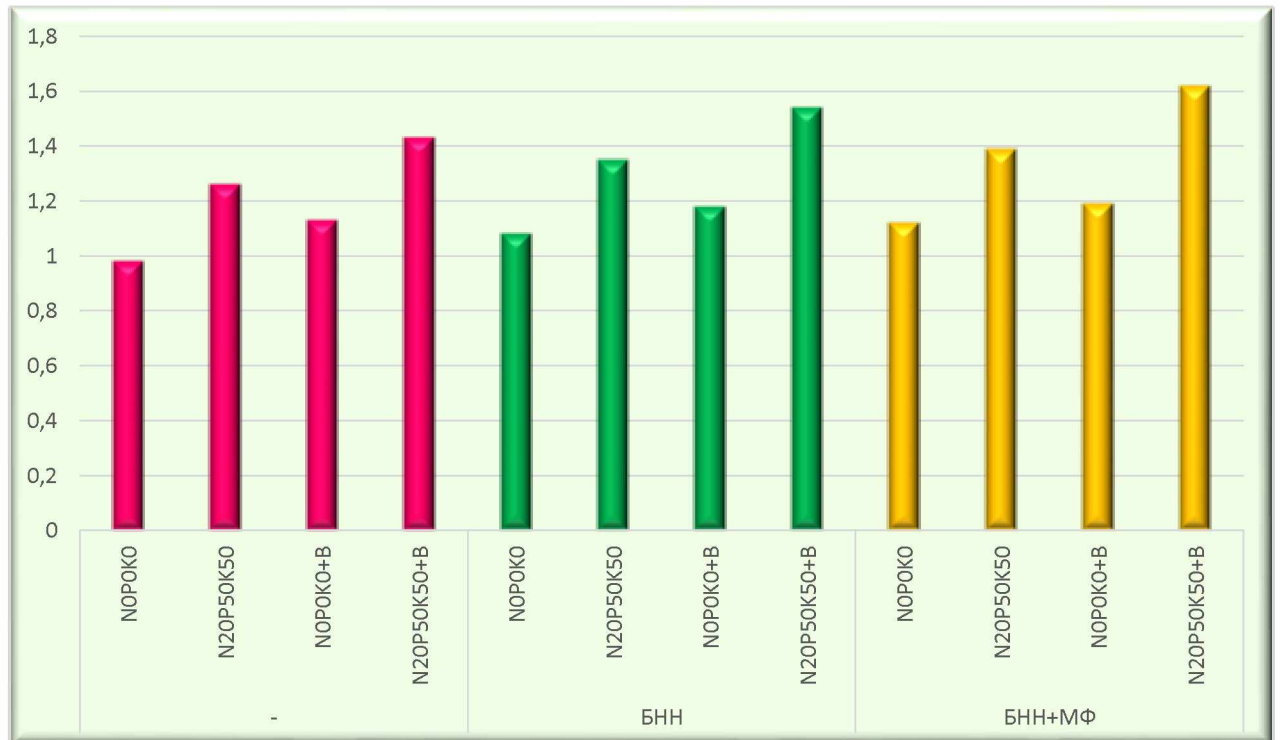


Рис. 3.1. Фотосинтетичний потенціал посівів нуту у фазі цвітіння-формування бобів залежно від застосування біопрепаратів та мінерального удобрення, млн. м²×діб/га (2023-2024 рр.)

Поєднання інокуляції насіння, внесення мінеральних добрив і позакореневого підживлення посівів бором забезпечило покращання умов для формування листової поверхні та більш тривалого перебування її у активному стані. Про це свідчить збільшення значень показника, що досліджувався порівняно з контрольним варіантом на 0,56 млн.м²діб/га .

Комплексне застосування біопрепаратів на основі азотфіксуючих і корисних мікроорганізмів забезпечило збільшення значень фотосинетичного потенціалу посівів нуту на 0,14 млн.м²діб/га щодо контролю.

Рослини, насіння яких піддавалося інокуляції комплексом біопрепаратів у поєднанні з позакореневим внесенням бору, характеризувалися більш інтенсивним наростанням листової поверхні впродовж вегетаційного періоду

добрих забезпечувало прибавку даного показника щодо контролю на $0,45 \text{ г/м}^2$ за добу.

У варіантах із проведенням інокуляції насіння біопрепаратом на основі азотфіксуючих бактерій, чиста продуктивність посівів нуту перевищувала контроль на $3,24 \%$.

Поєднання інокуляції насіння і підживлення рослин бором по листу у фазі гілкування забезпечило збільшення значень даного показника на $4,31 \text{ г/м}^2$ за добу щодо контролю (рис. 3.2).

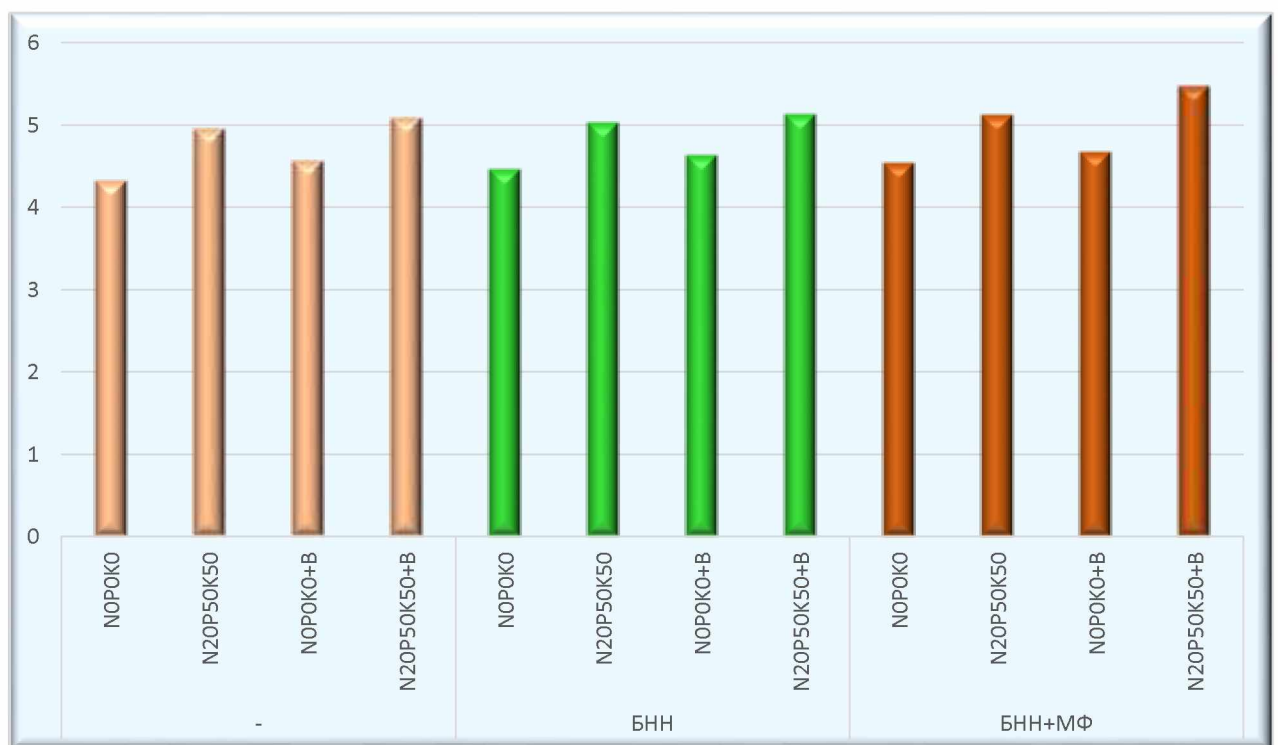


Рис. 3.2. Чиста продуктивність фотосинтезу у фазі цвітіння-формування бобів залежно від застосування біопрепаратів та мінерального удобрення, г/м^2 за добу (2023-2024 рр.)

Поєднання інокуляції насіння і мінерального удобрення виявилось більш ефективним у цьому відношенні, про що свідчить перевищення значень чистої продуктивності посівів нуту на $18,7 \%$ щодо контролю. Комплексне застосування біопрепаратів на основі азотфіксуючих і корисних

мікроорганізмів забезпечило збільшення значень даного показника на $0,22 \text{ г/м}^2$ за добу щодо контролю.

Рослини, насіння яких піддавалося інокуляції комплексом біопрепаратів у поєднанні з позакореневим внесенням бору, характеризувалися більш інтенсивним продукуванням органічних сполук одиницею листової поверхні за одиницю часу. Величина чистої продуктивності посівів нуту у даному варіанті сягала значень $4,67 \text{ г/м}^2$ за добу. Разом з тим, внесення мінеральних добрив виявилось більш ефективним у цьому відношенні.

Комплексне застосування біопрепаратів і мікроелементу В на фоні внесення макроелементів значно підвищило інтенсивність продукування рослинами органічної речовини. Про це свідчить збільшення величини чистої продуктивності фотосинтезу до $5,47 \text{ г/м}^2$ за добу.

Інтенсивність накопичення органічних сполук визначила величину загальної надземної біомаси рослин з 1 м^2 , яка у фазу досягання зерна сягала значень від 297,6 до $353,7 \text{ г/м}^2$. Її значення закономірно підвищувалися по мірі покращання поживного режиму. Так, внесення мінеральних добрив забезпечило підвищення значень маси рослин у абсолютно сухому стані у фазі досягання зерна на $22,6 \text{ г/м}^2$ порівняно з контролем.

Підживлення посівів бором по листу у фазу гілкування підвищувало інтенсивність наростання надземної сухої біомаси рослин на $12,2 \text{ г/м}^2$ щодо контрольного варіанта, а його поєднання із внесенням мінеральних добрив забезпечувало прибавку даного показника щодо контролю на $29,0 \text{ г/м}^2$.

У варіантах із проведенням інокуляції насіння біопрепаратом на основі азотфіксуючих бактерій, маса рослин у абсолютно сухому стані перевищувала контрольний варіант на $8,00 \text{ г/м}^2$.

Поєднання інокуляції насіння і підживлення рослин бором по листу у фазі гілкування забезпечило збільшення значень даного показника на $18,1 \text{ г/м}^2$ щодо контролю.

Поєднання інокуляції насіння і мінерального удобрення виявилось більш ефективним у цьому відношенні, про що свідчить перевищення значень чистої

продуктивності посівів нуту на 15,1 % щодо контролю. Комплексне застосування біопрепаратів на основі азотфіксуючих і корисних мікроорганізмів забезпечило збільшення значень даного показника на 16,0 г/м² щодо контролю.

Рослини, насіння яких піддавалося інокуляції комплексом біопрепаратів у поєднанні з позакореневим внесенням бору, характеризувалися більш інтенсивним накопиченням сухої маси. Разом з тим, внесення мінеральних добрив виявилось більш ефективним у цьому відношенні.

Комплексне застосування біопрепаратів і мікроеlementу на фоні внесення макроelementів значно підвищило інтенсивність продукування рослинами органічної речовини у надземній частині. На це вказує збільшення сухої маси рослин з 1 м² до 353,7 г (табл. 3.3).

Таблиця 3.3

Динаміка накопичення абсолютно сухої речовини рослинами нуту залежно від застосування біопрепаратів та мінерального удобрення, г/м² (2023-2024 рр.)

Інокуляція насіння	Удобрення	Фази росту і розвитку рослин				
		гілкування	бутонізація	цвітіння	формування бобів	достигання насіння
-	N ₀ P ₀ K ₀	11,9	23,2	31,8	98,6	297,6
	N ₂₀ P ₅₀ K ₅₀	13,4	24,7	33,8	102,3	300,2
	N ₀ P ₀ K ₀ +B	12,3	23,8	32,8	99,5	299,6
	N ₂₀ P ₅₀ K ₅₀ +B	13,9	25,8	34,5	103,9	301,6
БНН	N ₀ P ₀ K ₀	12,3	24,3	32,6	100,7	298,6
	N ₂₀ P ₅₀ K ₅₀	14,2	25,6	34,3	103,8	301,6
	N ₀ P ₀ K ₀ +B	13,3	24,9	33,6	101,6	299,7
	N ₂₀ P ₅₀ K ₅₀ +B	14,8	26,3	35,2	104,2	302,4
БНН+МФ	N ₀ P ₀ K ₀	13,2	25,7	33,3	101,8	300,6

	$N_{20}P_{50}K_{50}$	14,9	27,2	35,6	104,5	302,4
	$N_0P_0K_0+B$	13,9	26,8	34,2	102,7	301,8
	$N_{20}P_{50}K_{50}+B$	15,3	27,9	36,8	105,4	303,7

3.4. Вплив біопрепаратів та мінерального удобрення на індивідуальну продуктивність рослин та урожайність насіння посівів нуту

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

Отримані результати свідчать про позитивний вплив факторів, що вивчалися та їх комплексної взаємодії на величину структурних елементів рослин нуту (рис. 3.3, 3.4, 3.5).

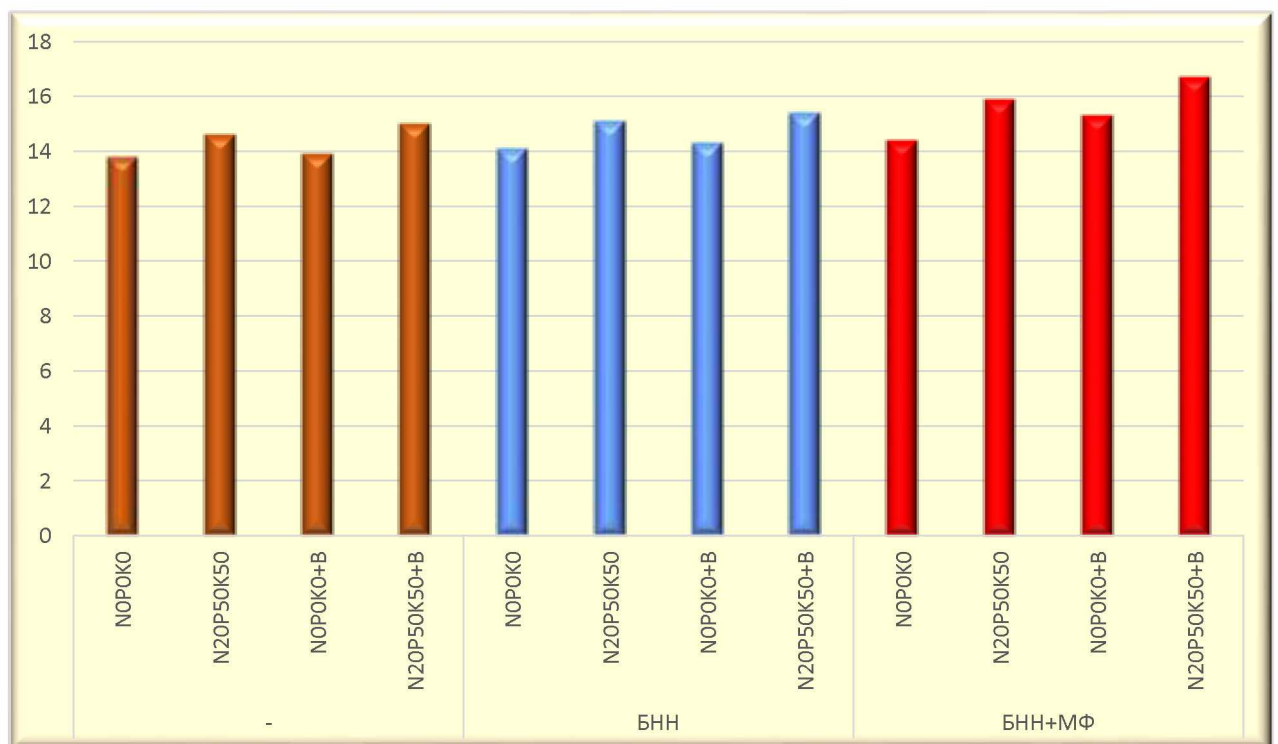


Рис. 3.3. Кількість бобів на 1 рослині залежно від застосування біопрепаратів і біостимуляторів росту рослин, шт. (2023-2024 рр.)

Так внесення мінеральних добрив сприяло збільшенню кількості бобів і маси 1000 насінин порівняно з контрольним варіантом на 1,8 шт. і 16,9 г відповідно. За проведення позакореневого підживлення рослин бором величини показників, що досліджувалися збільшувалися по відношенню до контролю на 0,1 шт., і 4,8 г відповідно. Слід відмітити, що кількість насінин у даних варіантах залишалася в середньому у роки проведення досліджень незмінною. У варіантах із поєднанням внесення мінеральних добрив і позакореневого підживлення рослин бором кількість бобів, насінин у них, маса 1000 насінин становили 15,0 шт., 1,2 шт., і 258,8 г відповідно.

У варіантах із проведенням інокуляції насіння біопрепаратом на основі азотфіксуючих бактерій, величини кількості бобів з однієї рослини і маси 1000 насінин перевищували контрольний варіант на 0,3 шт., і 4,00 г відповідно.

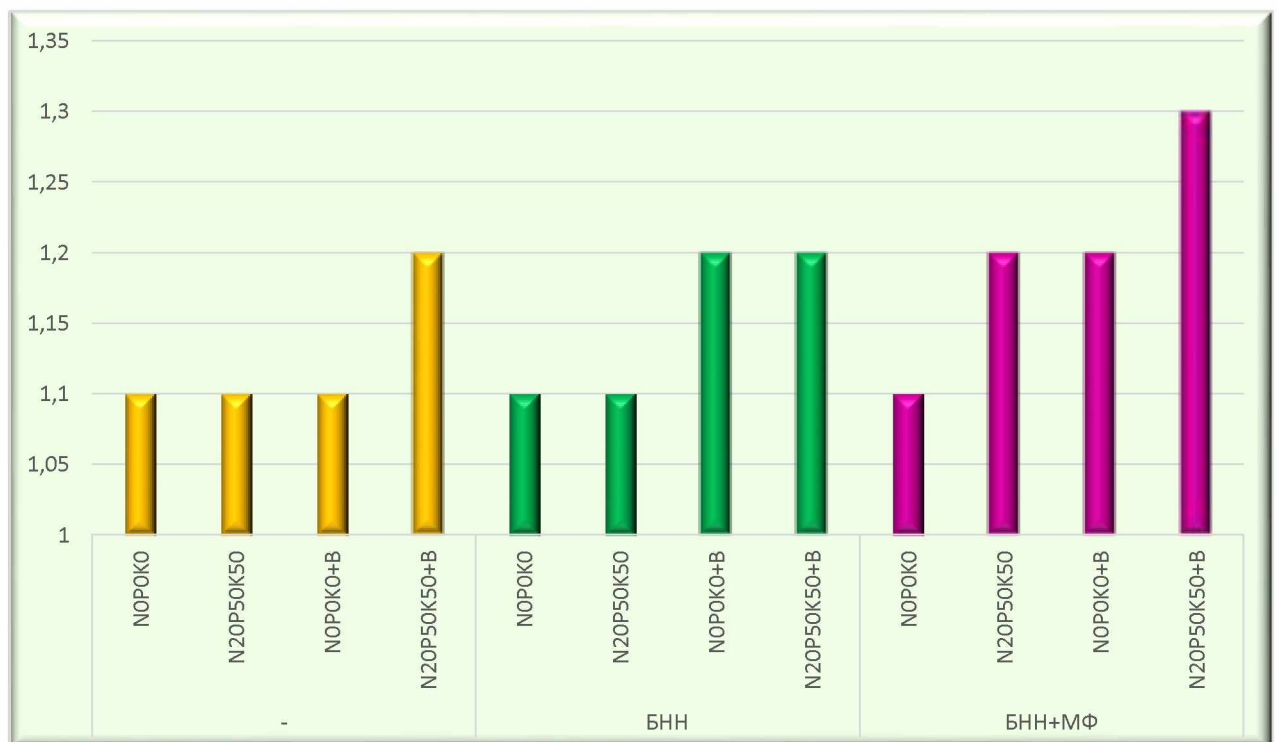


Рис. 3.4. Кількість насінин у 1 бобі залежно від застосування біопрепаратів і біостимуляторів росту рослин, шт. (2023-2024 рр.)

Поєднання інокуляції насіння і підживлення рослин бором по листу у фазі гілкування забезпечило збільшення значень даних показників на 0,5 шт., і 10,9 г відповідно щодо контролю.

Поєднання інокуляції насіння, підживлення рослин бором і мінерального удобрення виявилось більш ефективним у цьому відношенні, про що свідчить перевищення значень параметрів елементів продуктивності

Комплексне застосування біопрепаратів на основі азотфіксуючих і корисних мікроорганізмів забезпечило збільшення кількості бобів, насінин у них, маси 1000 насінин на 0,6 шт., 0,1 шт., і 6,90 г відповідно щодо контролю.

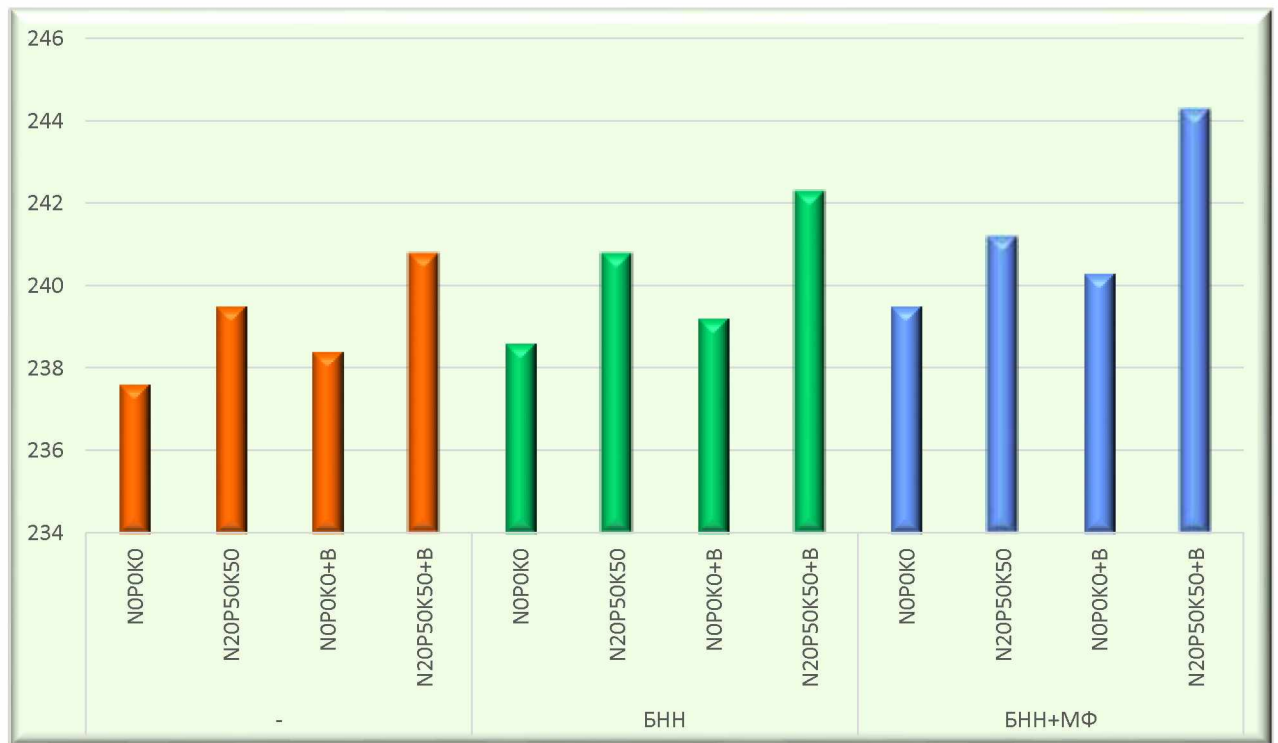


Рис. 3.5. Маса 1000 насінин залежно від застосування біопрепаратів і біостимуляторів росту рослин, г. (2023-2024 рр.)

Рослини, насіння яких піддавалося інокуляції комплексом біопрепаратів у поєднанні з позакореневим внесенням бору, характеризувалися більш інтенсивним накопиченням органічних сполук та їх надходженням до репродуктивних органів, внаслідок чого величини

структурних елементів врожаю, що досліджувалися, зростали. Разом з тим, внесення мінеральних добрив виявилось більш ефективним у цьому відношенні.

Комплексне застосування біопрепаратів і мікроелементу на фоні внесення макроелементів дозволило підвищити кількість бобів на рослинах, насінин у них, масу 1000 насінин 16,7 шт., 1,3 шт., і 269,7 г відповідно, що в цілому було максимумом дослідів.

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

Таблиця 3.4

Урожайність насіння нуту залежно від застосування біопрепаратів та мінерального удобрення, т/га

Інокуляція насіння	Удобрення	Урожайність зерна, т/га		Середнє за роками, т/га
		2023	2024	
-	N ₀ P ₀ K ₀	1,72	1,56	1,64
	N ₂₀ P ₅₀ K ₅₀	1,92	1,84	1,88
	N ₀ P ₀ K ₀ +B	1,79	1,62	1,71
	N ₂₀ P ₅₀ K ₅₀ +B	2,08	1,93	2,01
БНН	N ₀ P ₀ K ₀	1,86	1,63	1,75
	N ₂₀ P ₅₀ K ₅₀	2,07	1,93	2,00
	N ₀ P ₀ K ₀ +B	1,93	1,75	1,84

	$N_{20}P_{50}K_{50}+B$	2,15	1,99	2,07
БНН+МФ	$N_0P_0K_0$	1,87	1,75	1,81
	$N_{20}P_{50}K_{50}$	2,22	2,03	2,13
	$N_0P_0K_0+B$	2,08	1,89	1,99
	$N_{20}P_{50}K_{50}+B$	2,35	2,12	2,24

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

Найвищі значення даного показника (2,24 т/га) були зафіксовані у варіанті комплексного застосування біопрепаратів і мікроелементу на фоні внесення макроелементів.

Інокуляція насіння біопрепаратом на основі азотфіксуючих бактерій забезпечила підвищення урожайності насіння нуту на 0,11 т/га.

Комплексне застосування біопрепаратів на основі азотфіксуючих і корисних мікроорганізмів забезпечило збільшення величини даного показника на 0,17 т/га.

Внесення мінеральних добрив сприяло збільшенню урожайності насіння нуту на 0,24 т/га.

РОЗДІЛ 4

ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ БІОПРЕПАРАТІВ ТА МІНЕРАЛЬНОГО УДОБРЕННЯ ДОЗ У ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ НУТУ

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

Впровадження нових технологічних прийомів має значення не тільки для агрономії для агрономії, але і, для збільшення доходів фермерів від виробництва сільськогосподарської продукції [92, 93].

Адаптивна та адекватна технологія має чотири характеристики, а саме: вона технічно доцільна, економічно вигідна, соціально прийнятна і нешкідлива для навколишнього середовища [94].

Характеристики економічної доцільності впровадження тієї чи іншої інновації визначатимуть, чи будуть фермери впроваджувати її, виходячи з характеру відносних переваг порівняно із старою технологією [95].

Аналіз економічної доцільності впровадження біопрепаратів на основі азотфіксуючих бактерій та корисних мікроорганізмів та їх поєднання із мінеральним удобренням і позакореневим підживленням бором був здійснений із врахуванням вартості матеріалів та проведених технологічних операції на базі ціни у 2023-2024 рр.

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

Результати досліджень представлені у поданій таблиці показали, що рівень фінансових витрат змінювався залежно від вартості проведення технологічних операцій у кожному варіанті дослідження. Найменшим (19000 грн./га) він у контрольному варіанті, найвищим 23870 грн./га) – у варіанті поєднання усіх досліджуваних факторів.

Вартість валової продукції, як показник ціни зібраного врожаю збільшувалася по мірі зростання величини отриманого з ділянки врожаю насіння з урахуванням покращання умов вирощування рослин залежно від застосування факторів дослідження. Значення даного показнику були у варіанті комплексного застосування біопрепаратів і мікроелементу В на фоні внесення макроелементів $N_{20}P_{50}K_{50}$.

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

Залежно від факторів, що вивчалися, величина чистого прибутку у технологічному процесі вирощування нуту змінювалася у межах 5600-9730 грн./га.

Собівартість вирощеної продукції при цьому становила 10552-11585 грн./т, а рентабельність виробництва змінювалася у межах 48,34-91,31 %

У ході проведення детального аналізу економічної ефективності впровадження пропонованих елементів технології вирощування сої було визначено, що серед факторів, які вивчалися у дослідженні найбільш доцільним виявилось комплексне застосування біопрепаратів і мікроелементу В на фоні внесення $N_{20}P_{50}K_{50}$, де рентабельність виробничого процесу насіння нуту сягала рівня 91,31 % (табл 4.1).

Таблиця 4.1

Економічна ефективність вирощування нуту залежно від застосування біопрепаратів та мінерального удобрення (середнє за 2023-2024 рр.)

Інокуляція насіння	Удобрення	Вартість валової продукції грн./га	Виробничі витрати, грн./га	Умовно-чистий прибуток, грн./га	Собівартість, грн./т	Рентабельність, %
-	$N_0P_0K_0$	24600	19000	5600	11585	48,34
	$N_{20}P_{50}K_{50}$	28200	22600	5600	12021	46,58
	$N_0P_0K_0+B$	25650	19300	6350	11286	56,26
	$N_{20}P_{50}K_{50}+B$	30150	22900	7250	11393	63,64
БНН	$N_0P_0K_0$	26250	19500	6750	11142	60,58
	$N_{20}P_{50}K_{50}$	30000	21700	8300	10850	76,50
	$N_0P_0K_0+B$	27600	20100	7500	10923	68,66
	$N_{20}P_{50}K_{50}+B$	31050	23300	7750	11256	68,85

БНН+МФ	$N_0P_0K_0$	27150	20400	6750	11270	59,89
	$N_{20}P_{50}K_{50}$	31950	23200	8750	10892	80,33
	$N_0P_0K_0+B$	29850	21000	8850	10552	83,86
	$N_{20}P_{50}K_{50}+B$	33600	23870	9730	10656	91,31

РОЗДІЛ 5

ЕКОЛОГІЧНА ЕКСПЕРТИЗА

Масове використання добрив впродовж останніх десятиліть дозволило значно збільшити світову потужність виробництва продуктів харчування. Однак в останні роки кілька досліджень підкреслюють неефективність та асиметрію між країнами у використанні цих добрив, що призвело до екологічних проблем, дисбалансу поживних речовин у ґрунтах та неоптимального виробництва продуктів харчування. Так, неадекватне глобальне управління внесенням добрив призводить до появи районів із серйозним дефіцитом поживних речовин на орних землях, пов'язаним із недостатнім доступом до добрив, що явно обмежує виробництво продуктів харчування, та районів, які є надмірно удобреними, що призводить до проблеми забруднення навколишнього середовища, що впливає на здоров'я людей.

Дисбаланс поживних речовин, особливо дисбаланс співвідношення N:P через незбалансоване вивільнення даних елементів в результаті антропогенної діяльності, головним чином через внесення добрив і розширення посівів

азотфіксуючих культур, які постійно підвищують співвідношення N:P у ґрунті, є ще однією проблемою, яку необхідно вирішити. Цей дисбаланс вже вплинув на кілька наземних і водних екосистем, змінивши їх видовий склад і функціональність, а також загрожує глобальному біорізноманіттю. Необхідно враховувати різні економічні та геополітичні особливості цих трьох основних макроелементних добрив. Так, фосфор має найменші запаси, які залежать в основному від зусиль з видобутку, причому більшість запасів зосереджена в дуже небагатьох країнах (85% в Марокко). Ця проблема викликає велике занепокоєння щодо поточного і найближчого майбутнього доступу фосфору для країн з низьким рівнем доходу. Натомість азот є легкодоступним завдяки добре налагодженому і відносно дешевому синтезу амонію з атмосферного N_2 , який дедалі ширше використовується навіть у деяких країнах з низьким рівнем доходу, що призводить до посилення дисбалансу у співвідношенні поживних речовин у ґрунті при застосуванні P і K добрив. Антропогенне надходження цих трьох макроелементів у навколишнє середовище досягло рівня природних потоків, тим самим суттєво змінивши їхні глобальні цикли. Випадок надлишку азотних добрив є особливо парадигматичним у кількох регіонах світу, де континентальні джерела води стали непридатними через високі концентрації нітратів. Таким чином, управління азотними, фосфорними і калійними добривами знаходиться в центрі головної дихотомії між продовольчою безпекою та екологічними проблемами, такими як зміна клімату або евтрофікація/забруднення. Така ключова роль вимагає прийняття нового законодавства для впровадження добре відомого і здорового глузду принципу 4R (правильне джерело поживних речовин у правильній кількості, в правильний час і в правильному місці), який би допоміг забезпечити належне використання поживних ресурсів та оптимізацію продуктивності.

Проведення екологічної експертизи дозволяє визначити рівень небезпечного впливу застосованих хімічних сполук на природне середовище. Проведений аналіз дозволяє з'ясувати, час коли почався негативний вплив на навколишнє середовище та відбулося забруднення ґрунтів. Відібрані зразки

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

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

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

РОЗДІЛ 6

ОХОРОНА ПРАЦІ

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

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

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

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

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

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

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

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

Особливу увагу слід приділяти вимогам безпеки під час усього процесу використання хімічних добрив (зберігання, навантаження, транспортування, постачання до поля, внесення)

До проведення даних технологічних операцій керівник даних робіт повинен провести інструктаж щодо якісної характеристики добрив, а також особливостей їх впливу на організм людини і навколишнє середовище. Також повинен ознайомити працівників із заходами індивідуальної безпеки, правилами охорони праці та правилами дотримання працівниками гігієни

праці на робочому місці. Вадливим також є ознайомлення працівників з правилами надання домедичної допомоги.

ВИСНОВКИ

1. Застосування обробки насіння біопрепататами на основі азотфіксуючих і корисних мікроорганізмів, мінерального удобрення і позакореневого підживлення рослин бором та їх поєднання виявило позитивний вплив на інтенсивність наростання надземної частини рослин, про що свідчить збільшення параметрів їх висоти і маси. У цьому відношенні найбільш ефективним виявилось комплексне застосування біопрепаратів і мікроелементу В на фоні внесення $N_{20}P_{50}K_{50}$.

2. Величина листової поверхні посівів, продуктивність її фотосинтетичної діяльності визначалися впливом досліджуваних факторів та їх взаємодією. Найвищі їх параметри були забезпечені у варіанті комплексного застосування біопрепаратів і мікроелементу В на фоні внесення $N_{20}P_{50}K_{50}$.

3. Формування розвиненої у достатній мірі фотосинтезуючої поверхні, у свою чергу визначило кількість створених і переміщених до плодів, органічних сполук та величину елементів структури врожаю. Їх значення були найбільшими у варіанті комплексного застосування біопрепаратів і мікроелементу В на фоні внесення $N_{20}P_{50}K_{50}$.

4. Комплексне застосування обробки насіння біопрепататами на основі азотфіксуючих і корисних мікроорганізмів, позакореневого підживлення рослин бором у фазу гілкування на фоні внесення $N_{20}P_{50}K_{50}$, забезпечило

отримання 2,24 т/га насіння нуту із рентабельністю його виробництва на рівні 91,31 %.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

Для покращання умов росту і розвитку рослин, формування їх симбіотичного апарату, наростання листкової поверхні посівів, і відповідного підвищення урожайності насіння найбільш доцільно та економічно виправдано є комплексне застосування обробки насіння біопрепаратами на основі азотфіксуючих і корисних мікроорганізмів, позакореневого підживлення рослин бором у фазу гілкування на фоні внесення $N_{20}P_{50}K_{50}$.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Jukanti A. K., Gaur, P. M., Gowda, C. L. L., & Chibbar, R. N. (2012). Nutritional quality and health benefits of chickpea (*Cicer arietinum* L.): A review. *British Journal of Nutrition*, 108, S11–S26. <https://doi.org/10.1017/S0007114512000797>
2. Bampidis V. A., Christodoulou V. Chickpeas (*Cicer arietinum* L.) in animal nutrition: A review. *Animal Feed Science and Technology*. 2011. 168. 1–20. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2011.04.098>
3. FAOSTAT, 2016. <http://faostat.fao.org/faostat>
4. Gaur P.M., Krishnamurthy L., Kashiwagi J. Improving drought-avoidance root traits in chickpea (*Cicer arietinum* L.), Current status of research at ICRISAT. *Plant Production Science*. 2008. 11. 3–11. <https://doi.org/10.1626/pps.11.3>
5. Redden R., Berger, J. History and origin of chickpea. In W.C. Shyam, S.Yadav, *Chickpea breeding and management*. 2006.
6. Summo C., de Angelis D. Nutritional, physico-chemical and functional characterization of a global chickpea collection. *Journal of food composition and analysis*, Elsevier., 2019.
7. Hulse J. Nature, composition and utilization of grain legumes. ICRISAT, 1989. 11–27.

8. Wang J., Daun N. The chemical composition and nutritive value of Canadian pulses. Canadian Grain Commission Report, 2004. 19–29.
9. Jukanti A., Gaur P., Gowda S. Nutritional quality and health benefits of chickpea (*Cicer arietinum*): a review. British journal of nutrition. 2012.
10. Chibbar R., Ambigaipalan T., Hoover, R. Molecular diversity in pulse seed starch and complex carbohydrates and its role in human nutrition and health. Cereal Chem. 2010. 87. 342–352.
11. Singh, Jambunathan. Studies on desi and kabuli chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars. Proceedings of the International Workshop on Chickpea Improvement. 1980. 61–66.
12. Aguilera Y., Martín-Cabrejas M.A., Benitez V. Changes in carbohydrate fraction during dehydration process of common legumes. Food Composition Analysis. 2009. 22. 678–683.
13. Rincon A., Martinez S., Ibanez R. Proximate composition and antinutritive substances in chickpea . Sci Food Agric. 1998. 78. 382–388.
14. El-Adawy S., Alajaji T. Nutritional composition of chickpea (*Cicer arietinum* L.) as affected by microwave cooking and other traditional cooking methods. J Food Compos Anal. 2006. 19. 806–812.
15. Singh U. Nutritional quality of chickpea (*Cicer arietinum* L.): current status and future research needs. Plant Foods Hum Nutr. 1985. 35. 339–351.
16. Zia-Ul-Haq, Ahmad, Iqbal. Characterization and compositional study of oil from seeds of desi chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars grown in Pakistan. J Am Oil Chem Soc. 2007. 84. 1143–1148.
17. Shyam S., Yadav, Chen. Nutritional quality of chickpea. In W. C. hyam S. Yadav. Chickpea breeding and management. 2007.
18. Patto, Vaz. Achievements and challenges in improving the nutritional quality of food legumes, 2014.
19. Singh, lambunathan R. Distribution of seed protein fractions and amino acid in different anatomical parts of chickpea (*Cier arietinum* L.) and pigeon pea (*Canajus cajan* L.). Qual. Plant-Plant Food Hum. Nutr. 1982. 31. 347–354.

20. Shyam S., Yadav, Chen. Nutritional quality of chickpea. In Hyam W.C., Yadav S. Chickpea breeding and management, 2007.
21. Khalil F., Mahood F. Comparative sprout quality characteristics of desi and kabuli type chickpea cultivars. LWT-Food Science Technology. 2007. 40. 937–945.
22. Jukanti A., Gaur P., Gowda R. Nutritional quality and health benefits of chickpea (*Cicer arietinum*): a review. British journal of nutrition. 2012.
23. FAO. Human vitamin and mineral requirement. Report of a Joint FAO/WHO Expert Consultation. Bangkok, 2002.
24. Quinteros, Farre, Lagarda. Optimization of iron speciation (soluble, ferrous and ferric) in beans, chickpea and lentils. Food chemistry. 2001. 75. 365–370.
25. Patto, Vaz. Achievements and challenges in improving the nutritional quality of food legumes, 2014.
26. Domoney C. Inhibitor of legume seeds. In Casey P.S. Seed Protein. Amsterdam: Kluwer Academic Publishers, 2012, 635–655.
27. Roy, Boye, Simpson. Bioactive proteins and peptides in pulse crops: pea, chickpea and lentil. Food Res Int. 2010. 43. 432–442.
28. Hussein, Awad, El-Sayed. Impact of chickpea as prebiotic, antioxidant and thickener agent of stirred bioyoghurt. Annals of agricultural sciences, 2019.
29. He M, Shim. Aquafaba, wastewater from chickpea canning, functions as an egg replacer in sponge cake. International Journal of Food Science and Technology. 2018. 53(10). 2247–2255.
30. Hernandez L., Gonzalez E. Enzymatic production, bioactivity, and bitterness of chickpea (*Cicer arietinum*) peptides. Food science and food safety. 2019. 1914–1918.
31. Nalle, Ravindran, Ravindran. Influence of dehulling on the apparent metabolisable energy and ileal amino acid digestibility of grain legumes for broilers. J. Sci. Food Agric. 2010. 90. 1227–1231.
32. Verma, Kumar, Das, Dwivedi. Impact of thermal processing on legume allergens. Plant Foods Hum. Nutr. 2012. 67. 430–441.

33. Boye C., Barbana J. Angiotensin I converting enzyme e inhibitory activity of chickpea and pea protein hydrolysates. *Food Res. Int.* 2010. 43. 1642–1649.
34. Kerem, Lev-Yadun, Gopher. Chickpea domestication in the Neolithic Levant through the nutritional perspective. *J Archaeol Sci.* 2007. 34. 1289–1293
35. Duke J. Handbook of legumes of world economic importance. New Yorl, plenum press, 1981.
36. Lebeis S.L. The potential for give and take in plant-microbiome relationships. *Front. Plant Sci.* 2014. 5. 287.
37. Smith D.L., Subramanian S., Lamont J.R., Bywater-Ekegard M. Signaling in the phytomicrobiome: breadth and potential. *Front. Plant Sci.* 2015. 6. 709. doi: 10.3389/fpls.2015.00709
38. Berg G., Grube M., Schlöter M., Smalla K. Unraveling the plant microbiome: looking back and future perspectives. *Front. Microbiol.* 2014. 5. 148. doi: 10.3389/fmicb.2014.00148
39. Berg G., Rybakova D., Grube M., Koberl M. The plant microbiome explored: implications for experimental botany. 2016. *J. Exp. Bot.* 67. 995–1002. doi: 10.1093/jxb/erv466
40. Gray E. J., and Smith, D. L. Intracellular and extracellular PGPR: commonalities and distinctions in the plant-bacterium signaling processes. *Soil Biol. Biochem.* 2005. 37. 395–412. doi: 10.1016/j.soilbio.2004.08.030
41. Zhang R., Vivanco J. M., Shen, Q. The unseen rhizosphere rootsoil-microbe interactions for crop production. *Curr. Opin. Microbiol.* 2017. 37. 8–14. doi: 10.1016/j.mib.2017.03.008
42. Nelson M.S., Sadowsky M.J. (2015). Secretion systems and signal exchange between nitrogen-fixing rhizobia and legumes. *Front. Plant Sci.* 2015. 6. 491. doi: 10.3389/fpls.2015.00491
43. Chauhan H., Bagyaraj D., Selvakumar G., Sundaram S. Novel plant growth promoting rhizobacteria – prospects and potential. *Appl. Soil Ecol.* 2015. 95. 38–53. doi: 10.1016/j.apsoil.2015.05.011
44. Ortiz-Castro R., Contreras-Cornejo H.A., Macias-Rodriguez L., Lopez Bucio

- J. The role of microbial signals in plant growth and development. *Plant Signal. Behav.* 2009. 4. 701–712. doi: 10.4161/psb.4.8.9047
45. Agler M.T., Ruhe J., Kroll S., Morhenn C., Kim S.T., Weigel D. Microbial hub taxa link host and abiotic factors to plant microbiome variation. *PLoS Biol.* 2016. 14. e1002352. doi: 10.1371/journal.pbio.1002352
 46. Toju H., Peay K. G., Yamamichi M., Narisawa K., Hiruma K., Naito K. Core microbiomes for sustainable agroecosystems. *Nat. Plants.* 2018. 4. 247–257. doi: 10.1038/s41477-018-0139-4
 47. van der Heijden M.G., Hartmann M. Networking in the plant microbiome. *PLoS Biol.* 2016. 14. e1002378. doi: 10.1371/journal.pbio.1002378
 48. Zhang R., Vivanco J.M., Shen Q. The unseen rhizosphere rootsoil-microbe interactions for crop production. *Curr. Opin. Microbiol.* 2017. 37. 8–14. doi: 10.1016/j.mib.2017.03.008
 49. Bulgarelli D., Schlaeppi K., Spaepen S., Ver Loren Van Themaat E., Schulze Lefert P. Structure and functions of the bacterial microbiota of plants. *Annu. Rev. Plant Biol.* 2013. 64. 807–838. doi: 10.1146/annurev-arplant-050312-120106
 50. Bender S.F., Wagg C., Van Der Heijden M.G. An underground revolution: biodiversity and soil ecological engineering for agricultural sustainability. *Trends Ecol. Evol.* 2016. 31. 440–452. doi: 10.1016/j.tree.2016.02.016
 51. Pii Y., Mimmo T., Tomasi N., Terzano R., Cesco S., Crecchio C. Microbial interactions in the rhizosphere: beneficial influences of plant growthpromoting rhizobacteria on nutrient acquisition process. A review. *Biol. Fertil. Soils.* 2015. 51. 403–415. doi: 10.1007/s00374-015-0996-1
 52. Oke, V., and Long, S. R. (1999). Bacteroid formation in the *Rhizobium*–legume symbiosis. *Curr. Opin. Microbiol.* 2, 641–646. doi: 10.1016/S1369-5274(99) 00035-1
 53. Herridge D.F., Peoples M.B., Boddey R.M. Global inputs of biological nitrogen fixation in agricultural systems. *Plant Soil.* 2008. 311. 1–18. doi: 10.1007/s11104-008-9668-3

54. Galloway J. N., Townsend A. R., Erismann J. W., Bekunda M., Cai Z., Freney J. R. Transformation of the nitrogen cycle: recent trends, questions, and potential solutions. *Science*. 2008. 320. 889–892. doi: 10.1126/science.1136674
55. Bashan Y. Inoculants of plant growth-promoting bacteria for use in agriculture. *Biotechnol. Adv.* 1998. 16. 729–770. doi: 10.1016/S0734-9750(98)00003-2
56. Marroquí S., Zorreguieta A., Santamarí A.C., Temprano F., Soberón M., Megías M. Enhanced symbiotic performance by *Rhizobium tropici* glycogen synthase mutants. *J. Bacteriol.* 2001. 183. 854–864. doi: 10.1128/JB.183.3.854-864.2001
57. Vessey J.K. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. *Plant Soil*. 2003. 255. 571–586. doi: 10.1023/A:1026037216893
58. Bashan Y., de-Bashan L.E. Inoculant preparation and formulations for azospirillum spp. In *Handbook for Azospirillum*, eds F. D. Cassán, Y. Okon, and C. M. Creus (Berlin: Springer), 2015. 469–485.
59. Adesemoye A., Torbert H., Kloepper J. Enhanced plant nutrient use efficiency with PGPR and AMF in an integrated nutrient management system. *Can. J. Microbiol.* 2008. 54. 876–886. doi: 10.1139/w08-081
60. Adesemoye A.O., Kloepper J.W. Plant–microbes interactions in enhanced fertilizer-use efficiency. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 2009. 85. 1–12. doi: 10.1007/s00253-009-2196-0
61. Beattie G.A. Microbiomes: curating communities from plants. *Nature*. 2015. 528. 340–341. doi: 10.1038/nature16319
62. Ahemad M., Kibret M. Mechanisms and applications of plant growth promoting rhizobacteria: current perspective. *J. King Saud Univ. Sci.* 2014. 26. 1–20. doi: 10.1016/j.jksus.2013.05.001
63. Fahad S., Hussain S., Bano A., Saud S., Hassan S., Shan D. Potential role of phytohormones and plant growth-promoting rhizobacteria in abiotic stresses: consequences for changing environment. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 2015. 22.

- 4907–4921. doi: 10.1007/s11356-014-3754-2
64. Vacheron J., Desbrosses G., Bouffaud M.L., Touraine B., Moenne-Loccoz Y., Muller D. Plant growth-promoting rhizobacteria and root system functioning. *Front. Plant Sci.* 2013. 4. 356. doi: 10.3389/fpls.2013.00356
 65. Afzal I., Shinwari Z.K., Iqar I. Selective isolation and characterization of agriculturally beneficial endophytic bacteria from wild hemp using canola. *Pak. J. Bot.* 2015. 47. 1999–2008.
 66. Spaepen S., Vanderleyden J. Auxin and plant-microbe interactions. *Cold Spring Harb. Perspect. Biol.* 2011. 3. a001438. doi: 10.1101/cshperspect.a001438
 67. Ruzzi M., Aroca R. Plant growth-promoting rhizobacteria act as biostimulants in horticulture. *Sci. Hortic.* 2015. 196. 124–134. doi: 10.1016/j.scienta.2015.08.042
 68. Jha C.K., Saraf M. Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR): a review. *E3 J. Agric. Res. Dev.* 2015. 5. 108–119.
 69. Ruzzi, M., and Aroca, R. Rhizobacteria as the biostimulants in horticulture. *Sci. Hortic.* 2015. 196. 124–134. doi: 10.1016/j.scienta.2015.08.042
 70. Vacheron J., Desbrosses G., Bouffaud M.L., Touraine B., Moenne-Loccoz Y., Muller D. Plant growth-promoting rhizobacteria and root system functioning. *Front. Plant Sci.* 2013. 4. 356. doi: 10.3389/fpls.2013.00356
 71. Prudent M., Salon C., Souleimanov A., Emery R.J.N., Smith D.L. Soybean is less impacted by water stress using *Bradyrhizobium japonicum* and thuricin-17 from *Bacillus thuringiensis*. *Agron. Sustain. Dev.* 2015. 35. 749–757. doi: 10.1007/s13593-014-0256-z
 72. Zebelo S., Song Y., Kloepper J.W., Fadamiro H. Rhizobacteria activates (+)-delta-cadinene synthase genes and induces systemic resistance in cotton against beet armyworm (*Spodoptera exigua*). *Plant Cell Environ.* 2016. 39. 935–943. doi: 10.1111/pce.12704
 73. Li H., Ding X., Wang C., Ke H., Wu Z., Wang Y. Control of tomato yellow leaf curl virus disease by *Enterobacter asburiae* B Q 9 as a result of priming

- plant resistance in tomatoes. Turk. J. Biol. 2016. 40. 150–159. doi: 10.3906/biy1502-12
74. Salter P.J., Drew D.H. Root growth as a factor in the response of *Pisum sativum* L. to irrigation. Nature. 1965. 4988. 1063–106.
 75. Gregory S. Root growth of chickpea, fababean, lentil and pea and effects of water and salt stress. In World Crop: Cool Season Food Legumes. Ed. R J Summerfield. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, 1988.
 76. Memon K.S. Soil and fertilizer. Soil Science by Abdul Rashid, Elena Bashir. National Book Foundation, Islamabad, 1996. 292–316.
 77. Chandra G. Nutrient management. Fundamentals of Agronomy, 1989. 156.
 78. Sawan Z.M., Hafez S.A., Basyony A.E. Effect of phosphorus fertilization and foliar application of chelated zinc and calcium on seed, protein and oil yields and oil properties of cotton. J. Agric. Sci. 2001. 136. 191–198. <https://doi.org/10.1017/S0021859601008644>
 79. Warrington K. The effect of boric acid and borax on the broad bean and certain other plants. Ann. Bot. 1923. 37. 629–672.
 80. Nielsen F.H. Is boron nutritionally relevant? Nutr. Rev. 2008. 66. 183–191.
 81. Wimmer M.A., Lochnit G., Bassil E., Mühling K.H., Goldbach H.E. Membrane-associated, boron-interacting proteins isolated by boronate affinity chromatography. Plant Cell Physiol. 2009. 50. 1292–1304.
 82. Ahmad S., Ahmad A., Zia-ul-Haq M., Ali H., Khaliq T., Anjum M.A., Khan M.A., Hussain A., Hoogenboom G. Resources use efficiency of field grown transplanted rice (*Oryza sativa* L.) under irrigated semiarid environment. J. Food Agric. Environ. 2009. 7. 487–492.
 83. Flores R.A., da Silva R.G., da Cunha P.P., Damin V., de Abdala K.O., Arruda E.M., Rodrigues R.A., Maranhão D.D.C. Economic viability of *Phaseolus vulgaris* (BRS Estilo) production in irrigated system in a function of application of leaf boron. Acta Agric. Scand. Sect. B Soil Plant Sci. 2017. 67. 697–704.

84. Hussain M., Khan M.A., Khan M.B., Farooq M., Farooq S. Boron application improves growth, yield and net economic return of rice. *Rice Sci.* 2012. 19. 259–262.
85. Wang N., Yang C., Pan Z., Liu Y., Peng S. Boron deficiency in woody plants: Various responses and tolerance mechanism. *Front. Plant Sci.* 2015.
86. Goldbach H.E., Wimmer M.A. Boron in plants and animals: Is there a role beyond cell wall structure? *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 2007. 170. 39–48.
<https://doi.org/10.1002/jpln.200625161>
87. El-Feky S.S., El-Shintinawy F., Shaker E.M., El-Din H.A.S. Effect of elevated boron concentrations on the growth and yield of barley (*Hordeum vulgare* L.) and alleviation of its toxicity using different plant growth modulators. *Aust. J. Crop Sci.* 2012. 6. 1687–1695.
88. Abdel-Motagally F.M.F., El-Zohri M. Improvement of wheat yield grown under drought stress by boron foliar application at different growth stages. *J. Saudi Soc. Agric. Sci.* 2016.
89. Salam M.A., Siddique M.A., Rahim M.A., Rahman M.A., Goffar M.A. Quality of tomato as influenced by boron and zinc in presence of different doses of cow dung. *Bangladesh J. Agric. Res.* 2011. 36. 151–163.
90. Ahmed N., Abid M., Ahmad F., Ullah M.A., Javaid Q., Ali M.A. Impact of boron fertilization on dry matter production and mineral constitution of irrigated cotton. *Pak. J. Bot.* 2011. 43. 2903–2910.
91. Мойсейченко В.Ф., Єщенко В.О. Основи наукових досліджень в агрономії. Київ : Вищ. шк., 1994. 334.
92. Swastika D.K.S. Beberapa teknik analisis dalam penelitian dan pengkajian teknologi pertanian. *J. Pengkaj. Dan Pengemb. Teknol. Pertan.* 2004. 7. 90–103.
93. Santosa P., Suryadi A., Subagyo H., Latulung B.V. Dampak teknologi sistem usaha pertanian padi terhadap peningkatan produksi dan pendapatan usahatani di Jawa Timur. *J. Pengkaj. Dan Pengemb. Teknol. Pertan.* 2005. 8. 15–28.

94. Saragih B. Peranan teknologi tepat guna dalam pembangunan sistem agribisnis kerakyatan dan berkelanjutan; Seminar II Teknologi Tepat Guna: Bandung, Indonesia, 2000.
95. Rogers E.M. Diffusion of Innovation, 5th ed.; The Free Press: A Division Of Simon & Schuster, Inc.1230: New York, NY, USA, 2003.

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

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

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

Кафедра рослинництва

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

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

28 листопада 2024 року

Полтава

2024

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



Актуальні напрями та проблематика у технологіях вирощування продукції рослинництва

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

УДК 631.5:631.8:633

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

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

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

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

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

Любов МАРІНІЧ - доцент кафедри рослинництва, кандидат сільськогосподарських наук;

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

© Автори тез, включені до збірника, 2024

© Полтавський державний аграрний університет, 2024

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

УДК 631.5:633.358

УРОЖАЙНІСТЬ НУТУ ЗАЛЕЖНО ВІД СИСТЕМИ УДОБРЕННЯ

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

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

Жолонко О.В., Жадан М.Ю., Жук В.І. СВО Магістр за спеціальністю
201 – Агрономія

Полтавський державний аграрний університет

Актуальність теми. Продовольча безпека є універсальним правом людини на життя і розвиток. На сьогоднішній день кількість людей, які не отримують достатнього харчування у всьому світі становить близько 820 мільйонів, і ще більше людей споживають нездорову їжу, що призводить до виникнення захворювань та передчасної смерті. Наразі у Європі майже 12% населення визнали свою неспроможність дозволити собі якісну їжу кожного другого дня. Крім того, близько 0,5 мільйона людей в Європі були класифіковані як такі, що страждають від гострої нестачі продуктів харчування [1]. Отже, оптимізація виробництва продовольчих культур на засадах сталого розвитку, що має сприяти зменшенню голоду, спричиненого нестачею основних поживних речовин, підвищенню тривалості життя, зниженню рівня дитячої смертності на сьогоднішній день набула особливої актуальності [2, 3].

Разом з тим, сучасні раціони харчування населення розвинених країн характеризуються високою калорійністю, а також складаються із значної частини продуктів тваринного походження, які піддаються значній переробці. Їх постійне споживання призвело до значного поширення різних захворювань серцево-судинної, травної систем та системи обміну речовин.

З міркувань переходу до здорового харчування, а також викорінення голоду та недоїдання, збільшення виробництва продукції зернобобових культур, як джерела білка та поживних речовин, набуває особливої актуальності [1].

У групі зернобобових культур досить популярним у споживачів є нут. Це пояснюється його цінними поживними властивостями та стійкістю до несприятливого впливу факторів навколишнього середовища. Вживання нуту має різноманітні фізіологічні переваги, що робить його потенційним кандидатом на класифікацію «функціональних продуктів харчування», окрім його загальновизнаної ролі у забезпеченні організму білком та клітковиною

Основними поживними речовинами, що впливають на розвиток рослин впродовж вегетаційного періоду та визначають величину їх продуктивності є первинні макроелементи, такі як азот, фосфор і калій [4]. Усі рослини потребують необхідної кількості азоту для синтезу амінокислот, нуклеотидів, фосфоліпідів і хлорофілу. Однак основне джерело азоту в природі,

атмосферний азот, не є легкодоступним для рослин. Ця проблема може загостритися внаслідок глобальних змін клімату, які можуть зменшити біогеохімічну трансформацію азоту. Біологічною альтернативою застосуванню синтетичних азотних добрив і вагомим фактором розвитку екологічно сталого сільського господарства може бути фіксація азоту повітря за допомогою використання біологічних препаратів на основі корисних мікроорганізмів [2].

Разом з тим для вирішення проблеми забруднення навколишнього середовища агрохімікатами агрономічні переваги має застосування сидератів як джерела доступних для рослин поживних речовин. Окрім того, їх внесення має ефект мульчування, що відіграє важливу роль у збереженні ґрунтової вологи в умовах посухи.

Іншим фактором підвищення рівня урожайності культур в умовах впливу численних біотичних та абіотичних стресів може бути використання добрив на основі гумінових кислот. Це може мати позитивний вплив на метаболізм рослин, посилювати біохімічні, морфологічні та фізіологічні процеси, що відбуваються в рослинах. Відомий їх позитивний вплив на ріст і розвиток рослин, підвищення толерантності до умов навколишнього середовища та зменшення токсичного впливу важких металів [5].

Мета роботи - визначення впливу інокуляції насіння біопрепаратами на основі азотфіксуючих та фосформобілізуєчих мікроорганізмів та поєднання її із застосуванням сидеральних добрив і добрива на основі гумінових кислот на процеси росту і розвитку рослин, їх нодуляційну здатність та величину урожайності насіння нуту.

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

Складовими варіантами дослідження були:

(фактор А) – інокуляція насіння біопрепаратом на основі бульбочкових азотфіксуючих бактерій *Mesorhizobium ciceri* (BiNitro Нут) окремо та у комплексі із біопрепаратом на основі корисних фосформобілізуєчих мікроорганізмів *Bacillus megaterium* (Фосфобактерин);

(фактор В) – різні комбінації сидеральних добрив і добрива на основі гумінових кислот.

Результати досліджень Отримані у ході проведення дослідження, результати свідчать про позитивний вплив факторів, що вивчалися та їх комплексної взаємодії на величину елементів індивідуальної продуктивності рослин нуту.

Найбільший стимулюючий ефект на формування урожайності насіння був зафіксований у варіантах поєднання застосування біопрепаратів на основі азотфіксуючих і фосформобілізуєчих мікроорганізмів, сидеральних добрив і

д
о
б
р
и
в
а

природи забезпечило підвищення урожайності насіння нуту щодо контролю на 0,25 т/га відповідно.

У варіанті із проведенням інокуляції насіння азотфіксуючими мікроорганізмами величина урожайності насіння нуту перевищували контрольний варіант на 0,12 т/га. Комплексне застосування азотфіксуючих і фосформобілізуючих мікроорганізмів у допосівній обробці насіння надало можливість підвищити урожайність насіння нуту порівняно з контролем на 0,24 т/га.

Таким чином, поєднання застосування комплексу біопрепаратів на основі азотфіксуючих і фосформобілізуючих мікроорганізмів із внесенням сидеральних добрив і позакореневого підживлення посівів у фазі гілкування добривом на основі гумінових кислот є найбільш доцільним способом підвищення інтенсивності ростових процесів рослин, їх нодуляційної здатності та величини урожайності насіння нуту.

Бібліографічний список

1. Ferreira H., Pinto E., Vasconcelos M.W. Legumes as a cornerstone of the transition toward more sustainable agri-food systems and diets in Europe. *Front. Sustain. Food Syst.* 2021. 5:694121. DOI: 10.3389/fsufs.2021.694121

2. Лень О.І., Олєпир Р.В., Єремко Л.С. Вплив строків сівби, мінерального живлення та інокуляції насіння на продуктивність нуту в умовах лівобережного Лісостепу. *Вісник Центру наукового забезпечення АПВ Харківської області.* 2016. 39-45.

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

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

5. Yeremko L., Hanhur V. Kształtowanie się produktywności roślin strączkowych w zależności od rodzaju stosowanych preparatów humusowych. *Europejski zielony ład – wyzwanie dla rolnictwa: materiały VII konferencyjne naukowe z cyklu «Nauka i praktyka – rolnictwo różne spojrzenia»* (Chełm, 5 czerwca 2023). Chełm, 2023. S. 55.
<https://dspace.pdau.edu.ua/handle/123456789/15639>

Жадан М. Вплив біопрепаратів і мінерального удобрення на формування продуктивності нуту в умовах лівобережного Лісостепу України.

Дипломна робота на здобуття СВО Магістр.

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

Обсяг кваліфікаційної роботи: 77 с., 7 табл., 5 рис., 2 додатки, 95 літературних джерел.

Об'єкт досліджень: ріст і розвиток рослин, динаміка формування листкової поверхні, наростання свіжої і сухої маси рослин, формування симбіотичного апарату, величина елементів продуктивності рослин та урожайність насіння нуту залежно від застосування біопрепаратів на основі азотфіксуючих бактерій та корисних мікроорганізмів та їх поєднання із мінеральним удобренням і позакореневим підживленням бором.

Мета роботи: визначення впливу біопрепаратів на основі азотфіксуючих бактерій та корисних мікроорганізмів та їх поєднання із мінеральним удобренням і позакореневим підживленням бором на процеси росту і розвитку рослин та величину урожайності насіння нуту.

Результати та їх новизна: наукова новизна одержаних результатів проведеного дослідження полягає у науковому обґрунтуванні комплексного застосування біопрепаратів на основі азотфіксуючих бактерій та корисних мікроорганізмів та їх поєднання із мінеральним удобренням і позакореневим підживленням бором як спосіб зменшення дози внесення мінерального азоту, покращання умов формування кореневої системи, бобово-ризобіального симбіозу і підвищення рівня урожайності насіння нуту.

Основні наукові та практичні результати: вивчено вплив біопрепаратів на основі азотфіксуючих бактерій та корисних мікроорганізмів та їх поєднання із мінеральним удобренням і позакореневим підживленням бором на ріст і розвиток рослин, формування листкової поверхні та симбіотичного апарату, інтенсивність накопичення надземної органічної біомаси, величину елементів продуктивності рослин, урожайність насіння нуту.

Удосконалено поживний режим рослин нуту за рахунок використання біопрепаратів на основі азотфіксуючих бактерій та корисних мікроорганізмів та їх поєднання із мінеральним удобренням і позакореневим підживленням бором.

Галузь застосування: 20 Аграрні науки та продовольство.

Значення роботи та висновки: для покращання умов росту і розвитку рослин, формування їх симбіотичного апарату, наростання листкової поверхні посівів, і відповідного підвищення урожайності насіння найбільш доцільно та економічно виправдано є комплексне застосування обробки насіння біопрепаратами на основі азотфіксуючих і корисних мікроорганізмів, позакореневого підживлення рослин бором у фазу гілкування на фоні внесення $N_{20}P_{50}K_{50}$.

Перелік ключових слів: нут, урожайність насіння, мікродобриво, мінеральні добрива, біопреарати на основі азотфіксуючих і корисних мікроорганізмів.