

МОН УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА
(УНУС)

Факультет плодовоовочівництва, екології та захисту рослин
Кафедра овочівництва

Допущено до захисту
«___» грудня 2024 року
Зав. кафедри, д. с.-г. н., доцент
_____ Наталія ЯЦЕНКО

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ступеня вищої освіти магістр

АГРОБІОЛОГІЧНА ОЦІНКА СОРТІВ КВАСОЛІ ЦУКРОВОЇ НА ФОНІ
ЗАСТОСУВАННЯ МІКРОБІОЛОГІЧНОГО
ПРЕПАРАТУ МІКОФРЕНД-р

Виконала: студент 2 курсу, групи 21м-ов
спеціальності 203 Садівництво, плодовоовочівництво та виноградарство
ЧЕРНИЧУК Тарас Володимирович

Керівник: СЛОБОДЯНИК Галина, к. с.-г. н., доцент

Умань – 2024

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА

Факультет плодоовочівництва, екології та захисту рослин
(повна назва)

Кафедра овочівництва
(повна назва)

Освітня програма Овочівництво
(назва)

Спеціальність 203 Садівництво, плодоовочівництво та виноградарство
(код, назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Наталія ЯЦЕНКО

(підпис) (ініціали, прізвище)

„_____” грудня 2024 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

Студенту ЧЕРНИЧУК Тарас Володимирович

Тема роботи Агробіологічна оцінка сортів квасолі цукрової на фоні застосування мікробіологічного препарату Мікофренд-р

керівник роботи Слободяник Галина Яківна, к. с-г. н., доцент

затверджені наказом вищого навчального закладу від 29 листопада 2023 р. № 01-06/266.

2. Строк подання студентом роботи 28.11.2024

Вихідні дані до роботи Схема досліджу– фактор А: – передпосівна обробка насіння Мікофрендом-р (200 мл/100 кг), без обробки (контроль); фактор В – сорти квасолі Зіронька (контроль), Крокет, Шахія.

4. Перелік питань, які потрібно розробити: 1 – визначення схожості і енергії проростання насіння; 2 – морфо-біометричні показники вегетуючих рослин квасолі овочевої, їх статистична обробка; 3 – розрахунок економічної ефективності передпосівної обробки насіння сортів квасолі овочевої.

5. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	завдання прийняв

6. Дата видачі завдання 10. 10. 2023 н.р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/ п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строки виконання етапів роботи	Примітка
1.	Визначення показників для проведення обліків і спостережень. Опрацювання методики наукових досліджень	жовтень- грудень	
2.	Опрацювання літературних джерел стосовно тематики досліджень і написання розділу огляд літератури	2023- 2024 рр.	
3.	Закладання експериментальних ділянок, підготовка розчину Мікофренду-р	травень	
4.	Виконання обліків і спостережень за ростом і розвитком досліджуваних рослин у динаміці	травень– серпень	
5.	Збір урожаю і його облік	06–07	
6.	Аналіз результатів досліджень, написання і підготування до захисту кваліфікаційної роботи	серпень- листопад 2024 р.	

Студент _____ ЧЕРНИЧУК Т.С.Керівник роботи _____ СЛОБОДЯНИК Г.Я.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. ЕФЕКТИВНІСТЬ МІКОРИЗНОГО СИМБІОЗУ З ОВОЧЕВИМИ РОСЛИНАМИ.....	7
РОЗДІЛ 2. УМОВИ, ОБ'ЄКТИ, МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЗАХОДИ БЕЗПЕКИ ПІД ЧАС ВИРОЩУВАННЯ КВАСЛІ ОВОЧЕВОЇ.....	13
2.1. Об'єкти досліджень	13
2.2. Ґрунтові і погодні умови	14
2.3. Схема досліду і методика проведення досліджень	16
2.4. Організація умов охорони праці при вирощуванні квасолі овочевої	17
2.5. Оцінка екологічної небезпеки під час вирощування квасолі овочевої	18
РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	19
3.1. Вплив Мікофренду-р на формування рослин сортів квасолі овочевої.....	19
3.2. Вплив Мікофренду-р на врожайність сортів квасолі овочевої	25
РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОЩУВАННЯ СОРТІВ КВАСОЛІ ОВОЧЕВОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД ОБРОБКИ НАСІННЯ МІКОФРЕНДОМ-р.....	30
ВИСНОВКИ	32
РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ	33
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ЛІТЕРАТУРИ.....	34
ДОДАТКИ.....	38

ВСТУП

Аграрні інновації тісно пов'язані із впровадженням заходів вирощування, які мають комплексний позитивний вплив на агроценози. В органічному овочівництві сертифіковані мікоризні препарати, як безпечні для поліпшення живлення сільськогосподарських рослин. В даному аспекті актуальним є дослідження способів удосконалення вирощування бобових овочевих рослин на фоні застосування мікробіологічних регуляторів росту. Більшість видів сільськогосподарських культур утворюють арбускулярну мікоризу, що покращує отримання рослинами поживних речовин ґрунту, особливо коли вирощуються на неродючому ґрунті [1].

Арбускулярні мікоризні гриби (AMF) у симбіозі з рослинами отримують від них продукти фотосинтезу. Повідомляють, що мікоризна колонізація нівелює негативний вплив факторів навколишнього середовища на рослини, зокрема, посухи, засолення ґрунту, забруднення важкими металами та кислотність [2–4]. До переваги формування АМ належить підтримання стійкості рослини до патогенів (зокрема, нематод) поряд із поліпшенням структури і родючості ґрунту [5–7].

Мікоризна колонізація коренів і ріст рослин різняться між видами рослин. В одних видів живлення Р, Сu, Zn, S та мікроелементами підвищувалося після інокуляції едафічними бактеріями або грибами. В інших видів – поглинання поживних елементів не значно відрізняється залежно від мікоризної інокуляції. Дослідження мікоризації проводяться з різними видами рослин для визначення інтенсивності колонізації і видового складу грибів за різних умов вирощування. Іноді арбускулярна мікоризація може призвести до негативних реакцій на мінеральне живлення фосфором та цинком [8]. Рослини мають великі варіаційні реакції на AMF на зрошенні чи без [9].

Мета і завдання досліджень. Мета досліджень – добір врожайних сортів квасолі овочевої і оцінити ефективність обробки насіння Мікофрендом-р, обґрунтувати економічну ефективність елементів органічного

виросуванняквасолі овочевої.

Об'єкт дослідження – закономірності процесу формування врожаю бобів-лопаток сортів квасолі овочевої залежно від застосування Мікофренду-р.

Предмет дослідження – фенологічні зміни, біометричні параметри сортів квасолі овочевої.

Практичне значення одержаних результатів. З метою підвищення ефективності вирощуванняквасолі овочевоїрекомендована передпосівна обробка насіння квасолі сортів Крекет і Шахия мікоризовмісним препаратом Мікофрендом-р (100 мл/100 кг).

Апробація результатів досліджень. Основні положення та результати досліджень висвітлювались на засіданнях наукового гуртка кафедри овочівництва (2024 рр.). Автор роботи має публікацію у збірнику студентських наукових праць Уманського НУС (2024 р.)

РОЗДІЛ 1. ЕФЕКТИВНІСТЬ МІКОРИЗНОГО СИМБІОЗУ З ОВОЧЕВИМИ РОСЛИНАМИ (огляд літератури)

Квасоля звичайна (*Phaseolus vulgaris* L.) зазвичай вирощується як зерно-бобова культура в польових сівоzmінах, разом із злаковими рослинами, або в овочевих сівоzmінах. Як і інші види *Phaseoleae*, квасоля овочева має потенціал до симбіозу з ризобактеріями фіксації атмосферного азоту (N) для свого азотного живлення. Кількість азоту, що фіксується бобовими культурами, залежить від видів і сортів рослин, штамів ризобактерій і умов середовища. Окрім симбіозу із азотфіксувальними бактеріями, коренева система квасолі також симбіотично взаємодіє із арбускулярними мікоризними грибами (AMF) [10]. Як ризобактеріальний, так і мікоризний симбіози діють синергічно, сприяючи росту та адаптивності рослин [11]. Обидва симбіози мають взаємопов'язані фізіологічні процеси, що вказує на тісну взаємодію і спільну еволюцію між рослинами, бактеріями і грибами. Штам гриба *Glomus intraradices* використовують для покращення росту рослин у різних умовах, включаючи забруднені ґрунти. Деякі дослідники вважають, що цей вид грибів є найважливішими організмами на землі, які взаємодіють в агросередовищі. Понад 80% усіх наземних рослин, серед яких більшість овочевих рослин, мають симбіоз з цими грибами. Поліпшення росту рослин пов'язане переважно з покращенням фосфорного живлення [10, 11, 12]. *Glomus intraradices* збільшує урожайність бобових на 36% [13]. Новелла та ін. [14] повідомили про збільшення врожайності кукурудзи та квасолі, коли їх культивували разом та інокулювали комбінацією *Rhizobium* та *Mycorrhiza*.

Вид грибів *Glomus mosseae* сприяв приросту висоти рослин у чотири рази [15]. Розвиток мікоризи був кращим за умов без обробітку ґрунту, ніж за звичайного у польовій сівоzmіні із зерновими культурами [16]. Мінеральний азот ефективно використовувався на приріст надземної біомаси та ріст коренів за наявності мікоризи [17].

Бобові, як правило, потребують більше фосфору, особливо коли їх живлення азотом залежить від ризобактеріального симбіозу, бо до 20% загального фосфору рослин розподіляється на бульбочки. Біомаса бульбочок тісно пов'язана з доступністю фосфору в рослині [18] і різко зменшується через дефіцит фосфору, із значним зменшенням їх розміру. Однак вимоги до фосфору для росту та фіксації азоту значно відрізняються серед видів бобових і, зокрема, серед генотипів квасолі звичайної.

Plenchette та ін. [12] встановили, що глинистий субстрат з низьким вмістом фосфору є сприятливим середовищем для встановлення симбіозу АМФ і подальшої стимуляції росту рослин, хоча збільшення концентрації фосфору призводить до зниження швидкості мікоризації, яка змінюється також залежно від видів рослин. Таким чином, вважається, що в гідропонній культурі, де фосфор у розчині безпосередньо доступний рослинам, мало ймовірно отримати мікоризний ефект.

Дослідженнями, проведеними науковцями НААН України встановлено, що застосування різних біопрепаратів, у тому числі Мікофренд покращує ріст і розвиток біоенергетичних рослин на 7%, а обводненість листків 77%, масу кореневої системи – у 1,4 рази, продуктивність фотосинтезу на 10–16 %. Врожайність зерна і сухої біомаси підвищувалася на 6–45%. Мікоризний симбіоз покращує водозабезпечення сільськогосподарських культур на 10–22% і гранулометричний склад ґрунту [19].

Транспортування поживних речовин відбувається через симбіотичні структури (арбускули) всередині клітин кореня рослин. Розвиток АМ супроводжується обміном сигнальними молекулами між симбіонтами. Грибам передається до 20% вуглецю, фіксованого рослинами. Стимулюють метаболізм і розгалуження гіфів грибів стріголактони – гормони, що виділяються корінням рослин. Вони також сприяють проростанню насіння рослин. Гриби вивільняють сигнальні молекули у формі «факторів Mus», які викликають симбіотичні кореневі реакції [20].

Еволюція створила генетичну програму для АМ із залученням інших симбіозів коренів рослин: функціональна адаптація рослинної рецепторної кінази, яка пов'язує симбіоз АМ із розвитком азот фіксуючих бактерій, для формування внутрішньоклітинного обміну з рослинами.

Метою дослідження Khalil A. та ін. було оцінити вплив органічної речовини на асоціацію з *Glomus intraradices* рослин кvasолі (*Phaseolus vulgaris* L.) [21]. Дослідження проводилося в тепличних умовах. Спостерігалось дуже значуще збільшення ($p \leq 0,05$) усіх змінних внаслідок внесення органічного добрива та інокуляції *Glomus intraradices*. Зрошення ґрунтів, мало значний вплив ($p \leq 0,05$) лише на кількість бобів і фіксацію азоту. Найкращий ріст і врожайність зерна спостерігалися з інокульованими рослинами та додатковою органікою. Інокульовані рослини мали на 38% більшу масу бобів та формували на 116% більше зерна. Внесення вермікомпосту значно збільшує загальну кількість бульбочок і чим вища норма добрива, тим більша бульбочок. Інокуляція і органіка сприяли кращому росту коренів, пагонів і фотосинтетичній продуктивності. Найгірший ріст і врожайність зерна кvasолі спостерігалися у неінокульованих рослин.

В іншому досліді вивчали тристоронній симбіоз кvasолі звичайної з ризобіями та арбускулярними мікоризними грибами (AMF) оцінювали в гідраеропонній культурі кvasолі звичайної (*Phaseolus vulgaris* L.), порівнюючи вплив трьох штамів грибів на ріст, утворення бульбочок, мікоризацію коренів за достатнього вмісту або дефіциту фосфору [22].

Насіннєву поверхню стерилізували 1,3% розчином гіпохлориду кальцію впродовж 15 хв, а потім промивали стерильною дистильованою водою. Їх пророщували на 0,8% стерильному агарі 3 доби за температури $+28^{\circ}\text{C}$ у темряві до 80% схожості. Інокуляцію ризобактеріями проводили замочуванням розсади кvasолі 45 хвилин у свіжоприготовленій суспензії *Rhizobium tropici* CIAT899, що містить 108 бактерій/мл. В період збирання врожаю половину кореневої системи використовували для оцінки ступеня колонізації коренів AMF наступним чином: коріння очищали в КОН 10% при 80°C впродовж 30 хвилин

подальшим промиванням водою та двічі – 1% HCl(1 год). Після цього коріння занурювали в 80°C протягом 1,5 години в розчині для забарвлення, що складається з молочної кислоти: гліцерину:води (1:1:1) і 0,1% трипанового синього і метиленового синього. Після змивання фарбувального розчину коріння знебарвлювали у проточній воді 30 хвилин. Коріння досліджували під мікроскопом для кількісної оцінки колонізації.

Коренева колонізація була знижена за підживлення фосфором, оскільки темпи колонізації гіфами та везикулами були в 3,8 та 2,5 рази вищими за дефіциту фосфору, ніж за достатньої кількості фосфору, хоча істотної різниці в арбускулярній колонізації не було. Вищі показники колонізації спостерігалися в піщаному субстраті та після контакту з мікоризованим *S. guianensis*.

На всі параметри кореневої колонізації впливали як ідентичність AMF, так і взаємодія з системою культивування. У гідроаеропонній культурі мікоризація виявлена лише з *Glomus*. У піщаній культурі вищі показники колонізації гіфами та везикулами були виявлені з *Glomus*, аніж з *Gigaspora*. Незалежно від системи культивування, колонізації *Acaulospora* не виявлено.

На всі параметри кореневої колонізації впливали як генотип, так і система культивування, а також взаємодія цих двох факторів. У гідроаеропонній культурі при достатній кількості фосфору сорт Flamingo та сортозразки RIL, крім RIL115, мали значно вищу колонізацію коренів, різниця була 30% залежно від сортозразка. Крім сортозразка RIL28 і сорту Flamingo, дефіцит фосфору посилював колонізацію гіф. На піщаному субстраті всі генотипи демонстрували вищі показники колонізації гіф, ніж у гідроаеропоніці. Для везикул, у гідроаеропонній культурі, колонізація була нижча за достатнього вмісту фосфору, ніж при дефіциті фосфору на сортозразках RIL 115 і 83. Однак генотипові відмінності за рівнем колонізації були виявлені лише в піщаній культурі, де вона була найвищою.

Не було бульбочок після інокуляції *Gigaspora* при достатній кількості фосфору і *Acaulospora* незалежно від системи культивування та вмісту фосфору. Ні система культивування, ні інокуляція AMF, ні взаємодія між обома

факторами не вплинули на масу бульбочок на рослину ($p = 0,17$), коли відбулося утворення бульбочок. Не було значної різниці в масі бульбочок між видами АМФ незалежно від системи культивування. Виявлено суттєві відмінності між колонізацією та утворенням вузликів коренів і зростанням між генотипами [22].

Переважає більшість систем культивування арбускулярної мікоризи використовує поживний розчин із такими субстратами, як пісок або скляні кульки [23]. Тим не менш, аеропонна культура бобових колонізованих як ризобіями, так і АМФ підходить лише для дуже небагатьох симбіотичних мікроорганізмів, таких як *Glomus intraradices* [24]. Різницю в колонізації між піщаною та гідроаеропонною культурами можна пояснити ортофосфатом, що постачається в гідроаеропонній культурі, оскільки ортофосфатом, як відомо, пригнічує колонізацію АМФ [25]. Іншими обмежувачими факторами можуть бути відсутність зовнішнього інокулята АМФ після перенесення на гідроаеропоніку та механічної опори. Їх спори вимагають механічної стабільності для успішного початку та розвитку кореневої колонізації [26]. Відсутність виявленої кореневої колонізації *Acaulospor* ає наслідком несумісності зі звичайними бобами або складним фарбуванням кореневих колонізаційних структур, тому виникає помилково негативний результат [27].

Генотипи квасолі звичайної (*Phaseolus vulgaris* L.) з різною чутливістю до озону (O_3) (лінія S156: O_3 -чутлива; лінія R123: O_3 -толерантна) вирощували протягом 70 днів з або без інокуляції арбускулярних мікоризних (АМ) грибів, щоб оцінити вплив мікоризи на фотосинтетичну функцію двох генотипів при підвищеному рівні O_3 . Ефект мікоризи був незначним на початковій стадії росту [28]. Порівняно з немікоризованою рослиною, інокуляція грибами АМ підвищила концентрацію хлорофілу Chl a, Chl b і каротиноїдів у рослинах S156, незалежно від рівня O_3 , тоді як у рослинах R123 подібний ефект не спостерігався. Концентрація міжклітинного вуглекислого газу збільшувалася при підвищенні O_3 незалежно від інокуляції АМ грибами, але в більшості випадків вона була нижчою в мікоризних рослинах, ніж у немікоризних

рослинах. Інокуляція АМ підвищує стійкість рослин шляхом покращення фотосинтетичної функції рослин.

Разом з іншими дослідженнями, які особливо стосуються просторових закономірностей та динаміки надходження поживних речовин у ризосфері бобових, можна досягти математичним моделюванням рівня надходження фосфору багатовидовим симбіотичним комплексом [29].

РОЗДІЛ 2

ОБ'ЄКТИ, УМОВИ, МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЗАХОДИ БЕЗПЕКИ ПІД ЧАС ВИРОЩУВАННЯ ЦИБУЛІ ПОРЕЙ

2.1. Об'єкт досліджень



МікоФренд-р – містить мікоризоутворювальні гриби – *Glomus* VS, *Trichoderma harzianum*; мікроорганізми, що підтримують утворення мікоризи рослини, фітогормонами, вітамінами, амінокислотами (рис. 2.1). Даний комплекс має досить сильну концентрацію життєздатних клітин – $1-1,5 \times 10^8$ КУО/мл. Покращує схожість насіння, забезпечує рослинам збалансоване комплексне мінеральне живлення, активізує розвиток сапрофітних бактерій і мікоризних грибів. Норма використання для обробки насіння бобових рослин – 200 мл/100 кг або 2 л/100 кг, рекомендується проводити обприскування насіння робочим розчином в день сівби або намочування на 1–2 години у робочому розчині [30].

Сорт квасолі овочевої Зіронька – ранньостиглий, вегетаційний період від сходів до технічної стиглості 45–55 діб. Рослини кущові, компактної форми, висотою 35–40 см, стійкі до вилягання. Біб – цукрового типу, округлий, довжиною 9–11 см, шириною 0,8–1,2 см, світло-зелений, без волокон. При своєчасному збиранні в технічній стиглості швидко нарастають нові боби. Універсального використання. Придатна для консервування і заморожування [31].

Крокет – середньостиглий сорт (Clause, Франція). Вегетаційний період – 60 діб. Вирощується у всіх агрокліматичних регіонах України. Легко адаптується до умов вирощування і стресостійкий. Рослини кущові, до 50–60 см, добре облистнений. Стійкий до хвороб. Норма посіву – 100–200 тис. насінин/га. Боби темно-зелені, довжиною до 15 см (рис. 2.2).



Рис. 2.2. Товарні боби квасолі сорту Крокет

Урожайність 12–15 т/га. Вирощують для переробки, заморожування. Насіння реалізується в оригінальних пакетах по 5 тис. шт. і 100 тис. шт. насінин, маса 1000 шт. насінин – 200 г.

Шахия – ранньостиглий сорт, кущовий, висотою до 30 см. Квіти білі, боби світло-зелені, без пергаментного шару і волокон по шву, довжиною 12–13 см і діаметром до 1 см. Боби після приготування не втрачають колір, вирізняються високим вмістом цукру. Сорт стійкий до хвороб і посухи. Від сходів до біологічної стиглості – 70–80 діб. Маса 1000 шт. насінин – 280–320 г [32].

2.2. Ґрунтові і погодні умови

Експериментальну частину роботи виконано на дослідних ділянках кафедри овочівництва Уманського національного університету садівництва впродовж в 2024 р. Ґрунт дослідних ділянок – чорнозем опідзолений важкосуглинковий з вмістом гумусу 1,9 % (згідно ДСТУ 4289:2004). Реакція ґрунтового розчину слабкокисла: рН (сольове) – 6,3. В орному шарі міститься азоту 103 мг на кг ґрунту (за методом Корнфілда); рухомого фосфору і калію відповідно 122 і 135 мг на кг ґрунту[33].

Впродовж вегетації квасолі спаржевої у відкритому ґрунті у 2024 році погодні умови були несприятливими для проростання насіння (сума опадів у

першій-другій декаді травня 6,2 мм), середня температура за травень 15,3°C була в межах середньо багаторічних даних (табл. 2.1). Проте, відносна вологість повітря у травні була 55-59%, до як у червні – 63–77%. 2024 рік характеризувався нерівномірним розподілом опадів, з періодами перезволоження у третій декаді травня і другій декаді червня – 35,6 мм і 42,5 мм. На період масового формування врожаю квасолі овочевої (кінець червня – початок липня) опадів практично не було, а середня температура становила +21,8...+27,5°C. Максимальне значення ГТК – 2,1 (надмірне зволоження) відмічено у другій декаді червня.

Таблиця 2.1

Погодніумови за травень–серпень 2024 р. (за даними метеостанції „Умань”)

Показ- ники	травень			червень			липень			серпень			За 05- 08
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	
Темпе- ратура °C	14,7	12,6	18,4	21,6	20,3	21,8	24,2	27,5	21,4	21,6	22,7	24,9	21,0
Сума $t_{\text{еф.}}$ (вище 0°C)	147	126	202	216	203	218	242	275	214	216	227	274	2560
Сума $t_{\text{акт.}}$ (+15°C)	-	-	202	216	203	218	242	275	235	216	227	274	2308
Сума $t_{\text{еф.}}$ (+5°C)	97	76	147	166	153	168	192	225	180	166	177	219	1966
Сума опадів, мм	6,2	0	35,6	14	42,5	0	0,4	0	17,5	17,7	0	0	133,9
ГТК	0,4	0	1,8	0,7	2,1	0	0	0	0,8	0,8	0	0	0,5

Середній ГТК за травень – 0,7, але лише у третій декаді вологість ґрунту була оптимальною для розвитку мікоризних грибів ризосфери квасолі овочевої. Сума активних температур (+15°C) за травень червень у 2024 році була 839°C, а за травень–липень – 1591°C, а сума опадів відповідно – 98,3 мм і 116,2 мм. Колонізація кореневої системи квасолі овочевої мікоризою після передпосівної обробки насіння МікоФрендом-р відбувалася за рахунок запасів вологи квітня,

коли випало 56,2 мм опадів. Ймовірно, що посушливі умови у першій половині травня не сприяли мікоризації та знижували ефективність досліджуваного препарату. Також, посушливі і спекотні умови липня 2024 року не сприяли тривалому періоду плодоношення квасолі овочевої.

2.3. Схема досліду і методика проведення досліджень

Фактор А: – передпосівна обробка насіння МікоФрендом-р (200 мл/100 кг), без обробки (контроль); фактор В – сорти квасолі Зіронька (контроль), Крокет, Шахія (табл. 2.2).

Таблиця 2.2

Схема досліду

Передпосівна обробка насіння (фактор А)	Сорти (фактор В)
Вода (St.)	Зіронька(St.)
	Крокет
	Шахія
МікоФренд-р	Зіронька(St.)
	Крокет
	Шахія

Насіння обробляли 10% розчином МікоФренду-р, намочували впродовж 1 години в день сівби, перед цим злегка просушили. Норма висіву насіння – 150 кг/га, схема розміщення – 45×7 см, строк сівби – 5 травня. Повторність досліду – триразова. Розмір однієї дослідної ділянки – 2,7 м², закладали дослідження у три повторення, площа дослідної ділянки 54 м². Дотримувалися загальноприйнятих технологічних вимог вирощування, пестицидами не обробляли. Ґрунт підтримували в чистому і рихлому стані. Проводили тричотири міжрядні обробітки. У рядку бур'яни виловлювали в ручну.

Біометричні вимірювання проводили керувались методичними рекомендаціями [34]. Оцінювали інтенсивність проростання насіння,

формування сходів, розвитку рослин (кількість листків бобів, висотарослин і маса бобів).

Впродовж вегетації в динаміці визначали площу листків (через 30 діб) та динаміку формування бобів технічної стиглості. Врожай збирали тричі на тиждень. Достовірність досліджень та істотність відмінностей між показниками оцінювали дисперсійним і кореляційним аналізами математичної статистики [34], з використанням пакету програми Excel. Відмінності вважалися статистично істотними при $p < 0,05$.

2.4. Організація умов охорони праці при вирощуванні квасолі овочевої

Безпечні умови праці – пов’язані з кількістю та якістю обладнання, порядку та способів його використання, станом робочого приміщення та навколишнього середовища. До цього переліку слід віднести: справний стан машин, механізмів, пристроїв, устаткування та інших засобів виробництва; безпечні матеріали та інструменти, необхідні для виконання роботи; своєчасне забезпечення технічною документацією; стан засобів колективного та індивідуального захисту тощо. Організація умов праці у сільському господарстві перш за все орієнтована на запобігання нещасних випадків і будь-якого травматизму під час виконання різних робіт.

Класичні професійні захворювання у працівників аграрної сфери часто пов’язані з алергічними реакціями на різні агрохімікати та пестициди. Мікоризоутворюючі препарати можуть бути небезпечними з точки зору харчових отруєнь, якщо після роботи з ними вживати їжу брудними руками.

До організаційних заходів належать: раціональна організація праці; планування заходів щодо охорони праці, проведення навчання, страхування, інструктажів; пропаганда безпеки праці; висвітлення проблем охорони праці, фактів і причин травматизму й аварій у засобах масової інформації тощо [37].

2.6. Оцінка екологічної небезпеки під час вирощування квасолі овочевої

Для збереження екологічної стабільності та розумного природокористування сільськогосподарські виробники орієнтуються на відновлювальні, але інтенсивні способи вирощування. Обробка насіння біопрепаратами, кореневі підживлення органічними добривами є ключовими елементами екологічно безпечних технологій вирощування овочевих культур. Мікоризоутворюючі препарати володіють вибірковою фітонцидною дією на окремі фітопатогени, що убезпечує споживачів від високотоксичних пестицидів та фунгіцидів при вирощуванні овочевих культур. Для зниження такого впливу слід впроваджувати в виробництво квасолі овочевої засоби захисту з низькою кумулятивністю, або як альтернативу їм – біологічні засоби: застосування ентомофагів біопрепаратів вірусів, бактерій, грибів – ентомотрофів, грибів – антагоністів збудників мікозів [38].

РОЗДІЛ 3

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Вплив МікоФренду-р на формування рослин сортів квасолі овочевої

Передпосівна обробка квасолі цукрової розчином МікоФренду-р підвищувала схожість насіння на 5–6% (табл. 3.1). Вищою була схожість насіння сортів Крокет і Шахия – 94% після намочування у розчині МікоФренду-р. Рівень схожості насіння досліджуваних сортів квасолі без обробки мікоризоутворюючим препаратом була 87–88%.

Таблиця 3.1

Формування сходів сортів квасолі овочевої залежно від застосування
МікоФренду-р, 2024 р.

Передпосівна обробка насіння (фактор А)	Сорти (фактор В)	Схожість насіння, %	Поодинокі сходи, діб після сівби	Масові сходи, діб після сівби
Вода (St.)	Зіронька (St.)	87	8	12
	Крокет	88	8	12
	Шахия	88	7	10
МікоФренд-р	Зіронька (St.)	92	6	10
	Крокет	94	5	9
	Шахия	94	5	9

Залежно від сорту раніше поодинокі сходи відмічено у сорту Шахия – на 7 добу без обробки, на 5 добу – обробленого МікоФрендом-р. Найбільш ефективний вплив обробки МікоФрендом-р був для сорту Крокет – поодинокі сходи на 3 доби раніше, ніж без обробки. Для сортів Зіронька і Шахия ця різниця становила 2 доби. Масові сходи формувалися через 3–4 доби після поодиноких. Обробка МікоФрендом-р на тривалість фази поодиноких і масових сходів не впливала. На посівах насіння не обробленого МікоФрендом-р – масові сходи формувалися через 10–12 діб після сівби, а з досліджуваним препаратом – через 9–10 діб.

Обробка МікоФрендом-р позитивно впливає на тривалість періоду надходження врожаю квасолі цукрової незалежно від сорту (табл. 3.2). У варіанті контролю врожай бобів технічної стиглості збирали впродовж 18 діб, а на посівах сорту Зіронька обробленим Мікофрендом-р насіння – 28 діб, що свідчить про поліпшення потенціалу продуктивності рослин. Тривалість плодоношення сорту Шахиня завдяки обробці МікоФрендом-р збільшувалася на 10 діб, а сорту Крокет – на 13 діб.

Таблиця 3.2

Розвиток рослин сортів квасолі овочевої залежно від застосування
МікоФренду-р, 2024 р.

Передпосівна обробка насіння (фактор А)	Сорти (фактор В)	Початок технічної стиглості, діб після сівби	Тривалість періоду збирання бобів технічної стиглості
Вода (St.)	Зіронька (St.)	50	18
	Крокет	59	26
	Шахиня	46	29
МікоФренд-р	Зіронька (St.)	45	28
	Крокет	55	39
	Шахиня	42	39

Поряд з цим, варто відмітити, що на посівах мікоризованим насінням перший збір бобів технічної стиглості сортів Зіронька і Шахиня виконували на 42–45 добу після сходів, тоді як без мікоризації – пізніше на 2–5 доби. У середньостиглого сорту Крокет обробка МікоФрендом-р сприяла формуванню першого врожаю раніше на 4 доби, порівняно до посівів без обробки, тривалість вегетаційного періоду відповідно становила 55 діб і 59 діб.

Висота рослин квасолі сорту Зіронька у контролі на період початку цвітіння варіювала від 34 см до 38 см (табл. 3.3). Найбільше варіювання висоти рослин за повтореннями було у сорту Крокет з обробкою МікоФрендом-р – 5 см. Середнє варіювання висоти рослин квасолі у досліді було значним – 26%.

Таблиця 3.3

Вплив МікоФренду-р на висоту рослин сортів квасолі овочевої, 2024 р., см

Передпосівна обробка насіння (фактор А)	Сорти (фактор В)	Повторення			Середня	± до контролю	Середнє по фактору В
		I	II	III			
Вода (St.)	Зіронька(St.)	38	36	34	36	-	39
	Крокет	51	51	54	52	16	55
	Шахиня	29	29	26	28	-8	31
Середнє по фактору А					39		
МікоФренд-р	Зіронька(St.)	42	43	39	41		-
	Крокет	59	55	60	58	17	
	Шахиня	34	33	32	33	-8	
Середнє по фактору А					44	-	
Середнє по досліді (Ȳ)					41		
Коефіцієнт варіювання, %					26		

Дисперсійний аналіз (табл. 3.3)

Розсіювання	Ступені свободи	Суми квадратів	Дисперсія варіантів	Fфакт.	Fтеор.	HP ₀₅
Фактор А	1	133,39	133,39	43,65	4,75	2
Фактор В	2	1867,44	933,72	305,58	4,75	2
Взаємодія АВ	2	0,78	0,39	0,13	4,75	-
Похибка	12	36,67	3,06			
Всього	17	2038,28				

За даними дисперсійного аналізу різниця висоти рослин квасолі після намочування насіння у мікоризоутворюючому препараті достовірна і суттєва (HP_{05В} – 2 см). Приріст висоти сорту Шахиня у варіанті обробки МікоФрендом-р у 2024 році був 5 см, порівняно до необроблених посівів, у сорту Зіронька ця різниця становила також 5 см, у сорту Крокет – 6 см. Середня по фактору А висота рослин квасолі на посівах немікоризованим насінням – 39 см, а обробленого МікоФрендом-р – 44 см.

Залежно від сорту найвищими були кущі сорту Крокет – 55 см у середньому по фактору В. Рослини сорту Шахия були низькорослими, 28–33 см, що на 8 см менше контролю. Середня по фактору А висота сорту Зіронька – 39 см.

В межах фактору В найменш облиствений сорт Шахия – 24–27 шт./рослину без мікоризації (табл. 3.4).

Таблиця 3.4

Вплив МікоФренд-р на кількість листків сортів квасолі овочевої, 2024 р.,
шт./рослину

Передпосівна обробка насіння (фактор А)	Сорти (фактор В)	Повторення			Середня	± до контролю	Середнє по фактору В
		I	II	III			
Вода (St.)	Зіронька(St.)	29	28	27	28	-	32
	Крокет	35	37	38	36	8	39
	Шахиня	24	24	27	25	-3	29
Середнє по фактору А					30		
МікоФренд-р	Зіронька(St.)	33	33	38	35	-	-
	Крокет	44	40	41	42	7	
	Шахиня	33	34	32	33	-2	
Середнє по фактору А					37	-	
Середнє по досліді (Ȳ)					33		
Коефіцієнт варіювання, %					17		

Дисперсійний аналіз (табл. 3.4)

Розсіювання	Ступені свободи	Суми квадратів	Дисперсія варіантів	Fфакт.	Fтеор.	HP ₀₅
Фактор А	1	206,72	206,72	79,17	4,75	1,7
Фактор В	2	316,78	158,39	60,66	4,75	2,0
Взаємодія АВ	2	4,11	2,06	0,787	4,75	-
Похибка	12	31,33	2,61	-		
Всього	17	558,94	-			

На посівах сорту Шахия мікоризованим насінням кількість листків збільшувалася на 5–10 шт./рослину (II повторення). У середньому рослини

сорту Шахия мали на 2–3 шт. менше листків, аніж сорт Зіронька. Найбільша кількість листків формувалася на рослинах сорту Крокет – 36 шт. без мікоризації, 42 шт. – після обробки МікоФрендом-р – 42 шт. У середньому по фактору В сорт Крокет за кількістю листків перевищував контроль на 7 шт./рослину.

Також, мікоризація насіння квасолі МікоФрендом-р достовірно та істотно збільшувала кількість листків, сорту Крокет – на 6 шт., Зіронька – на 7 шт., Шахия – на 8 шт. за НІР_{05А} – 1,7 шт./рослину. Проте, взаємодія досліджуваних факторів на кількість листків достовірно не впливає.

Сумарна площа листової поверхні найменша у сорту Шахия на посівах необробленим насінням – 24,5 тис.м²/га, проте, це неістотно менше контролю. Завдяки сівбі мікоризованим насінням площа листової поверхні сорту Шахия збільшувалася на 1,6 тис.м²/га та становила 26,1 тис.м²/га. У контролю показники площі листків у 2024 році – 25,7 тис.м²/га, а з мікоризацією – у сорту Зіронька площа листків більша також на 1,6 тис.м²/га. У сорту Крокет середня по фактору В площа листків була на рівні 28,5 тис.м²/га, що більше контролю на 2,0 тис.м²/га. Також, для рослин сорту Крокет притаманний найбільший приріст площі листків завдяки мікоризації насіння – на 2,6 тис.м²/га. У середньому по фактору А площа листків на посівах мікоризованим насінням більша на 7% (1,9 тис.м²/га), аніж без мікоризації.

Варіювання площі асиміляційної поверхні на посівах квасолі в даному досліді було незначним – 7%, тоді як варіювання кількості листків середнім – 17%, проте, значне варіювання кількості суцвіть – 21%. За кількістю суцвіть виділено сорт Крокет – 24 шт./рослину. Кількість суцвіть на мікоризованих посівах сорту Шахия неістотно більша контролю – на 3 шт. за НІР_{05В} – 4 шт./рослину. У 2024 році вплив МікоФренду-р на кількість суцвіть за даними дисперсійного аналізу недостовірний, у середньому по фактору А мікоризовані рослини формували на 3 шт. більше суцвіть.

Таблиця 3.5

Вплив МікоФренду-р на площу листової поверхні сортів квасолі овочевої, 2024 р., тис. м²/га (початок технічної стиглості)

Передпосівна обробка насіння (фактор А)	Сорти (фактор В)	Повторення			Середня	± до контролю	Середнє по фактору В
		I	II	III			
Вода (St.)	Зіронька(St.)	24,8	26,5	25,8	25,7	-	26,5
	Крокет	28,0	28,4	25,2	27,2	1,5	28,5
	Шахиня	24,6	24,6	24,3	24,5	-1,2	25,3
Середнє по фактору А					25,8	-	
МікоФренд-р	Зіронька(St.)	27,9	26	27,9	27,3	-	-
	Крокет	30,1	29,7	29,6	29,8	2,5	
	Шахиня	24,9	25,4	28	26,1	-1,2	
Середнє по фактору А					27,7	-	
Коефіцієнт варіювання, %					7		
НІР _{05А}					1,3		
НІР _{05В}					1,4		

Таблиця 3.6

Вплив МікоФренду-р на кількість суцвіть на рослинах сортів квасолі овочевої, 2024 р., шт./рослину

Передпосівна обробка насіння (фактор А)	Сорти (фактор В)	Повторення			Середня	± до контролю	Середнє по фактору В
		I	II	III			
Вода (St.)	Зіронька(St.)	18	16	14	16	-	18
	Крокет	22	24	20	22	6	24
	Шахиня	19	16	25	20	4	21
Середнє по фактору А					19		
МікоФренд-р	Зіронька(St.)	16	19	22	19	-	-
	Крокет	26	30	22	26	7	
	Шахиня	26	22	18	22	3	
Середнє по фактору А					22	-	
НІР _{05В}					4		
Коефіцієнт варіювання, %					21		

3.2. Вплив МікоФренду-р на врожайність сортів квасолі овочевої

За кількістю зібраних бобів технічної стиглості у середньому по фактору В досліджувані сорти ранжувалися у такому порядку зменшення: Зіронька – 12 шт., Шахія – 14 шт., Крокет – 16 шт./рослину (табл. 3.7). За дисперсійним аналізом недостовірна різниця кількості бобів за фактором В.

Таблиця 3.7

Вплив МікоФренду-р на кількість бобів технічної стиглості на рослинах сортів квасолі овочевої, 2024 р., шт./рослину

Передпосівна обробка насіння (фактор А)	Сорти (фактор В)	Повторення			Середня	± до контролю	Середнє по фактору В
		I	II	III			
Вода (St.)	Зіронька (St.)	10	13	7	10	-	12
	Крокет	14	18	10	14	4	16
	Шахиня	11	14	7	11	1	14
Середнє по фактору А					12		
МікоФренд-р	Зіронька(St.)	14	17	9	13	-	-
	Крокет	19	20	15	18	5	
	Шахиня	16	18	13	16	3	
Середнє по фактору А					16	-	
Середнє по досліді (Ȳ)					14		
Коефіцієнт варіювання, %					29		

Дисперсійний аналіз (табл. 3.7)

Розсіювання	Ступені свободи	Суми квадратів	Дисперсія варіантів	Fфакт.	Fтеор.	HP ₀₅
Фактор А	1	76,1	76,1	6,81	4,75	3
Фактор В	2	58,1	29,1	2,60	4,75	F _ф ≤ F _т
Взаємодія АВ	2	2,1	1,1	0,09	4,75	F _ф ≤ F _т

Значне варіювання кількості зібраних бобів технічної стиглості в даному досліді – коефіцієнт варіювання 29%. За позитивним впливом Мікофренду-р

на формування бобів технічної стиглості варто виділити сорт Шахия, де з мікоризованих рослин збирали бобів на 5 шт. більше, аніж без мікоризації. Найменше товарних бобів збирали у росли сорту Зіронька – 10 шт. у контролі, 13 шт. – з МікоФрендом-р. Формуванням максимальної кількості бобів виділяється сорт Крокет завдяки мікоризації – 18 шт./рослину. Ознака кількості бобів варіювала сильно – коефіцієнт варіювання 29%.

Виявлено помірний кореляційний зв'язок між кількістю листків та бобів технічної стиглості на рослинах квасолі ($r=0,61$; $R=0,37$) (рис. 3.1)

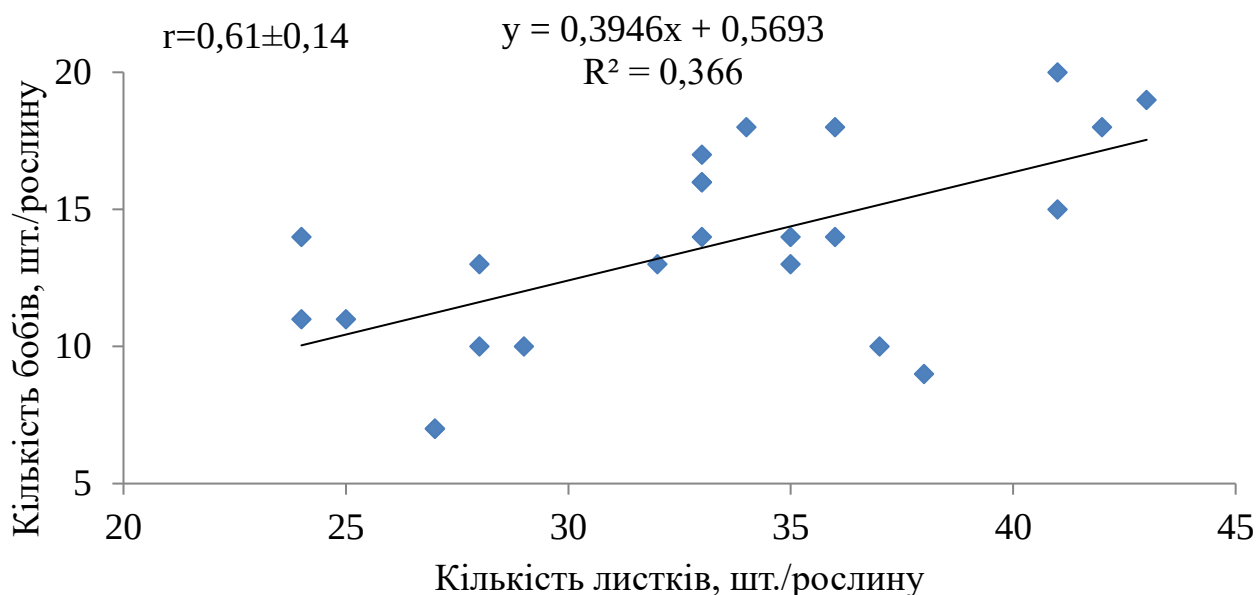


Рис. 3.1. Статистична модель залежності показників кількості листків і кількості бобів квасолі овочевої, шт./рослину

Найвища продуктивність притаманна сорту Шахия, з рослин якого збирали 40–44 г товарних бобів-лопаток, що істотно більше контролю – на 7–8 г за НР_{05В} – 6 г/рослину (табл. 3.8). Середня по фактору В продуктивність сорту Зіронька – 35 г/рослину, а сорту Шахия – 33 г. Зниження продуктивності сорту Шахия до контролю було неістотним. У 2024 році різниця показників кількості товарних бобів-лопаток у сортів квасолі цукрової було незначним – коефіцієнт варіювання 16%. Передпосівна обробка насіння МікоФрендом-р на продуктивність досліджуваних сортів достовірно не впливала.

Таблиця 3.8

Вплив МікоФренд-р на середню масу бобів технічної стиглості сортів квасолі
овочевої, 2024 р., г/рослину

Передпосівна обробка насіння (фактор А)	Сорти (фактор В)	Повторення			Середня	± до контролю	Середнє по фактору В
		I	II	III			
Вода (St.)	Зіронька (St.)	33	38	28	33	-	35
	Крокет	36	39	45	40	7	42
	Шахиня	32	26	35	31	-2	33
Середнє по фактору А					35	-	
МікоФренд-р	Зіронька (St.)	37	31	40	36	-	-
	Крокет	40	43	49	44	8	
	Шахиня	35	30	40	35	-1	
Середнє по фактору А					38	-	
Середнє по досліді (Ȳ)					37		
Коефіцієнт варіювання, %					16		

Дисперсійний аналіз (табл. 3.8)

Розсіювання	Ступені свободи	Суми квадратів	Дисперсія варіантів	Fфакт.	Fтеор.	HP ₀₅
Фактор А	1	60,5	60,5	2,71	4,75	$F_f \leq F_t$
Фактор В	2	279	139,5	6,25	4,75	6
Взаємодія АВ	2	1	0,5	0,02	4,75	$F_f \leq F_t$
Похибка	12	268	22,3	-		
Всього	17	608,5	-			

Середня маса зібраних бобів-лопаток у немікоризованих рослин сорту Крокет варіювала від 36 г до 45 г/рослину, а у варіанті обробки досліджуваним препаратом – від 40 г до 49 г/рослину. У сортів Зіронька і Шахиня ці показники відповідно становили 26 – 38 г/рослину і 30–40 г/рослину. У середньому продуктивність мікоризованих рослин збільшувалася на 3–4 г.

За даними дисперсійного аналізу на рівень врожайності достовірно впливає сорт і обробка насіння МікоФрендом-р (табл. 3.9).

Таблиця 3.9

Вплив МікоФренду-р на врожайність бобів технічної стиглості сортів квасолі
овочевої, 2024 р., т/га

Передпосівна обробка насіння (фактор А)	Сорти (фактор В)	Повторення			Середня	± до контролю	Середнє по фактору В
		I	II	III			
Вода (St.)	Зіронька(St.)	12,9	12,3	11,5	12,2	-	12,8
	Крокет	14,7	14,3	15,4	14,8	2,6	15,6
	Шахиня	11,7	12,1	10,7	11,5	-0,7	12,3
Середнє по фактору А					12,8	-	
МікоФренд-р	Зіронька(St.)	13,2	12,9	13,9	13,3	-	-
	Крокет	16,7	15,3	16,9	16,3	3,0	
	Шахиня	12,8	14	12,5	13,1	-0,2	
Середнє по фактору А					14,2	-	
Середнє по досліді (Ȳ)					13,5		
Коефіцієнт варіювання, %					13		

Дисперсійний аналіз (табл. 3.9)

Розсіювання	Ступені свободи	Суми квадратів	Дисперсія варіантів	Fфакт.	Fтеор.	HP ₀₅
Фактор А	1	8,82	8,82	17,78	4,75	0,7
Фактор В	2	36,90	18,45	37,19	4,75	0,9
Взаємодія АВ	2	0,21	0,11	0,21	4,75	F _ф ≤ F _т
Похибка	12	5,95	0,50	-		
Всього	17	51,88	-			

Середня по фактору А врожайність бобів квасолі цукрової становила 12,8 т/га без мікоризації та 14,2 т/га – за обробки МікоФрендом-р. Врожайність мікоризованих посівів в середньому зростала на 11%, зокрема, сорту Зіронька – на 1,1 т/га, сорту Крокет – на 1,5 т/га, сорту Шахиня – на 1,6 т/га.

Незалежно від застосування МікоФренду-р найвищий рівень врожайності сорту Крокет – 16,3 т/га (після мікоризації), 14,8 т/га (без). Середня по

фактору В врожайність сорту Шахія 12,3 т/га, що менше контролю на 0,5 т/га. Різниця врожайності сортів Шахія і Зіронька на мікоризованих посівах неістотна – 0,2 т/га за HP_{05B} – 0,7 т/га. Поряд з цим, варіювання рівня врожайності квасолі цукрової у даному досліді було незначним – 13%.

Встановлено тісну пряму залежність параметрів площі листкової поверхні розсади цибулі порей і товарної врожайності – $r=0,79\pm0,11$ (рис. 3.2).

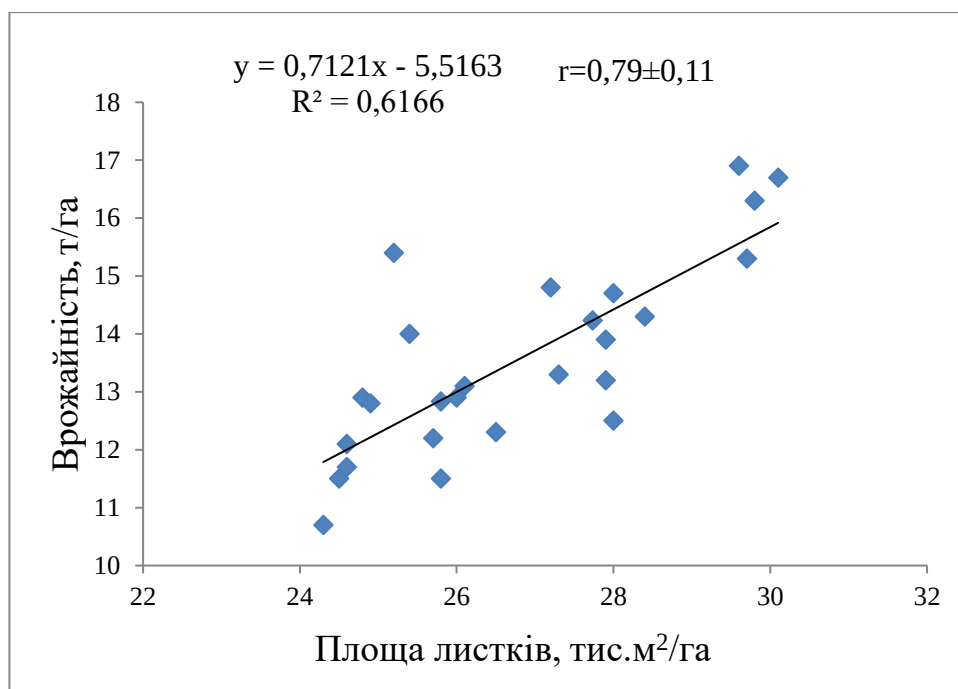


Рис. 3.2. Статистична модель залежності показників площі листків (тис. м²/га) і врожайності (т/га) квасолі овочевої

Отже, за комплексом біометричних параметрів і рівня врожайності для вирощування квасолі овочевої потрібно висівати насіння після його передпосівного намочування у 10% розчині мікоризоутворюючого препарату МфкоФренд-р, використовувати сорт Крокет.

РОЗДІЛ 4

ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОЩУВАННЯ КВАСОЛІ ЦУКРОВОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД ОБРОБКИ НАСІННЯ МІКОФРЕНДОМ-р

Для розрахунку економічної ефективності розроблено технологічну карту вирощування квасолі цукрової сорту Зіронька та розраховано вартість зібрано врожаю (додат. А, табл. 4.1).

Таблиця 4.1

Економічна ефективність вирощування сортів квасолі овочевої за
передпосівної обробки насіння МікоФрендом-р, тис.грн/га, 2024 рік

Варіант	Врожайність, т/га	Вартість продукції в цінах реалізації	Витрати на виробництво	Собівартість 1т	Умовна сума чистого доходу	Рівень рентабельності, %
Вода (контроль), Зіронька	12,2	103,70	76,84	6,30	26,86	35
Вода, Крокет	14,8	125,80	90,61	6,12	35,19	39
Вода, Шахиня	11,5	97,75	73,13	6,36	24,62	34
МікоФренд, Зіронька	13,3	113,05	84,67	6,37	29,05	34
МікоФренд, Крокет	16,3	138,55	98,56	6,05	40,81	41
МікоФренд, Шахиня	13,1	111,35	81,61	6,23	30,40	37

Затрати на МікоФренд-р на передпосівну обробку були лише 2000 грн. на 250 кг насіння. Додаткові витрати на збирання надбавки врожаю з розрахунку 5297 грн./т становили 4,77–21,72 тис. грн./га до контролю. Врожай на рівні 11,5 т/га зумовлює зменшення витрат на вирощування квасолі сорту

Шахиня на 3,71 тис.грн./га. За максимальної врожайності 16,3 т/га сорту Крокет приріст врожаю і вартість препарату зумовили зростання виробничих витрат на 21,72 тис.грн./га до контролю. Найвища собівартість 1 т врожаю бобів квасолі цукрової 6,36–6,37 тис. грн. у варіантах сорту Шахиня без обробки МікоФрендом-р і сорту Зіронька за мікоризації. Собівартість вирощування сорту Крокет 6,05–6,12 тис.грн./т, а умовна сума прибутку складала 8,33–13,95 тис.грн./га. Мікоризація насіння квасолі цукрової забезпечувала зростання суми чистого доходу у сорту Зіронька на 2,19 тис.грн./га, сорту Шахиня – на 5,78 тис.грн./га, а сорту Крокет – на 5,62 тис.грн./га.

Після обробки насіння МікоФрендом-р рентабельність вирощування зростала лише на посівах сорту Шахиня – до 37% і сорту Крокет – до 41%. Незалежно від мікоризації найвища рентабельність вирощування сорту Крокет.

ВИСНОВКИ

1. Передпосівна обробка насіння квасолі цукрової 10% розчином МікоФренду-р підвищує його схожість на 5–6%, формування масових сходів булоранішим на 1–2 доби, а початок збирання бобів – на 4–5 діб, аніж за намочування насіння у воді. Тривалішим на 10–13 діб був період надходження бобів технічної стиглості із посівів мікоризованим насіння.
2. Незалежно від застосування Мікофренду-р вищі рослини сорту Крокет – 55 см. Взаємодія досліджуваних факторів достовірно не впливала на висоту рослин квасолі цукрової, але висота мікоризованих на 5 –6см більша, аніж без обробки МікоФрендом-р.
3. На період початку збирання врожаю бобів-лопаток більша площа листової поверхні, висота і маса товарних рослин була також після мікоризації та у сорту Крокет. Приріст площі листків сорту Крокет – на 9% до сорту Зіронька (контроль) і на 10% порівняно із необробленими посівами. Найменша площа листків – у рослин сорту Шахия – 25,3 тис.м²/га у середньому по фактору А, але на рівні контролю за НІР_{05В} 2,0 тис.м²/га.
4. Обробка МікоФрендом-р достовірно впливала на кількість товарних бобів (16 шт./рослину) і врожайність сортів квасолі цукрової (14,2 т/га) у даному досліді. У середньому по фактору В найвищий врожай формував сорт Крокет з перевагою над контролем на 14% і приростом 1,8 т/га. Середній по фактору А приріст врожаю після обробки насіння МікоФрендом-р становив 1,4 т/га. Врожайність сортів Зіронька і Шахия формувалася на однаковому рівні – 11,5–12,2 т/га без мікоризації, 13,1–13,3 т/га після обробки МікоФрендом-р.
5. Розрахунок економічної ефективності свідчить про максимальну рентабельність вирощування квасолі овочевої сорту Крокет – 39–41%. Передпосівної обробки насіння 10% розчином МікоФренду виявилася

доцільною лише для сортів Крокет і Шахія з підвищенням рівня рентабельності на 2–3%.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

Отже, насіння квасолі овочевої потрібно висівати після його передпосівного намочування у 10% розчині мікоризоутворюючого препарату МікоФренд-р та використовувати сорт Крокет, що забезпечує врожайність 16,3 т/га.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ЛІТЕРАТУРИ

1. Smith F.A., Smith S.E.
What is the significance of the arbuscular mycorrhizal colonisation of many economically important crop plants? *Plant and Soil*. 2011. № 348. P. 63. doi:10.1007/s11104-011-0865-0.
2. Agte V.V., Tarwadi K.V., Mengale S., Chiplonkar S.A.
Potential of traditionally cooked green leafy vegetables as natural sources for supplementation of eight micronutrients in vegetarian diets.
Journal of Food Composition and Analysis. 2000. № 13. P. 885–891. doi:10.1006/jfca.2000.0942.
3. Porcel R., Aroca R., Ruiz-Lozano J.M.
Salinity stress alleviation using arbuscular mycorrhizal fungi. A review.
Agronomy for Sustainable Development. 2012. № 32. P. 181–200. doi:10.1007/s13593-011-0029-x.
4. Garg N., Chandel S. Effect of mycorrhizal inoculation on growth, nitrogen fixation, and nutrient uptake in *Cicer arietinum* (L.) under salt stress.
Turkish Journal of Agriculture and Forestry. 2011. № 35. P. 205–214.
5. Baum C., El-Tohamy W., Gruda N.
Increasing the productivity and product quality of vegetable crops using arbuscular mycorrhizal fungi: a review. *Scientia Horticulturae*. 2015. № 187. P. 131–141. doi:10.1016/j.scienta.2015.03.002.
6. Bender S.F., Conen F., vanderHeijden M.G.A.
Mycorrhizal effects on nutrient cycling, nutrient leaching and N_2O production in experimental grassland. *Soil Biology & Biochemistry*. 2015. № 80. P. 283–292. doi:10.1016/j.soilbio.2014.10.016.
7. Pellegrino E., Öpik M., Bonari E., Ercoli L.
Responses of wheat to arbuscular mycorrhizal fungi: a meta-analysis of field studies from 1975 to 2013. *Soil Biology & Biochemistry*. 2015. № 84. P. 210–217. doi:10.1016/j.soilbio.2015.02.020.

8. Tran Binh, Watts-Williams Stephanie, Cavagnaro Timothy. Impact of an arbuscular mycorrhizal fungus on the growth and nutrition of fifteen crop and pasture plant species. *Functional Plant Biology*. 2019. №46. 10.1071/FP18327.
9. Bowles T.M., Jackson L.E., Loeher M., Cavagnaro T.R. Ecological intensification and arbuscular mycorrhizas: a meta-analysis of tillage and cover crop effects. *Journal of Applied Ecology*. 2017. № 54. P. 1785–1793. doi:10.1111/1365-2664.12815.
10. Jakobsen I., Smith S.E., Smith F.A.: Function and diversity of arbuscular mycorrhizae in carbon and mineral nutrition. *Mycorrhizal Ecology*. 2002. P. 75–92.
11. Jia Y., Gray V.M., Straker C.J. The influence of *Rhizobium* and arbuscular mycorrhizal fungus on nitrogen and phosphorus accumulation by *Vicia faba*. *Annals of Botany*. 2004. № 94. P. 251–258.
12. Gardezi A. K., Ojeda-Trejo E., Márquez-Berber S. R. Respuesta a la inoculación de *Glomus intraradix*, materia orgánica y dosis de fertilización fosfatada en el crecimiento de mezquite (*Prosopis* sp.). *Agroproductividad*. 2008b. № 1(1). P. 24–28.
13. Irizar Garza M. B., Vargas Vázquez P., Garza García D., Tut y Couoh C. Respuesta de cultivos agrícolas a los biofertilizantes en la Región Central de México. *Agricultura Técnica en México*. 2003. № 29(2). P. 213–225.
14. Novella L., Machado A., Ladrón de Guevara M. C., A. Vega B. Participación de los biofertilizantes en la producción del policultivo. *Alimentaria*. 2003. № 349: P. 133–135.
15. Tu C., Booker F. L., Watson D. M., Chen X., Rufty T. W., Shi W., Hu S. J. Mycorrhizal mediation of plant N acquisition and residue decomposition: impact of mineral N inputs. *Global Change Biology*. 2006. № 12(5). P. 793–803.
16. Castillo C. G., Rubio R., Rouanet J. L., Borie F. Early effects of tillage and crop rotation on arbuscular mycorrhizal fungal propagules in an Ultisol. *Biology and Fertility of Soils*. 2006. № 43(1). P. 83–92.

17. Yücel C., Özkan H., Ortas I., Yagbasanlar T.
Screening of wild emmer wheat accessions (*Triticum turgidum* subsp. *dicoccoides*)
for mycorrhizal dependency. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*. 2009. № 33
(5). P. 513–523.
18. Hellsten A., Huss-Danell K.
Interaction effects of nitrogen and phosphorus on nodulation in red clover
(*Trifolium pratense* L.). *Acta Agriculturae Scandinavica. Section B,
Soil and Plant Science*. 2001. № 50. P. 135–142.
19. Дослідження із застосування біопрепаратів Мікофренд, Міковітал і
Флоробацелін для підвищення продуктивності сільськогосподарських та
біоенергетичних культур. <https://bio.gov.ua/uk/bioenergy/news/doslidzhennya-iz-zastosuvannya-biopreparativ-mikofrend-mikovital-i-florobacelin-dlya-pidvyshchennya-produktyvnosti-silskogospodarskyh>.
20. Parniske M. Arbuscular mycorrhiza: the mother of plant root endosymbioses.
Nat. Rev. Microbiol. 2008. №6. P. 763–775. <https://doi.org/10.1038/nrmicro1987>
21. Khalil A., Marquez-Berber S., Figueroa B., Vargas G., Larqué-Saavedra M.,
Escalona-Maurice M. Organic matter effect on glomus intraradices in beans
(*Phaseolus vulgaris* L.)
growth cultivated in soils with two sources of water under greenhouse conditions.
Journal of Systemics, Cybernetics, and Informatics. 2014. № 12. P. 63–68.
22. Tajini F., Suriyakup P., Vailhe H., Jansa J., Drevon J.
Assess suitability of hydroaeroponic culture to establish tripartite symbiosis between different
AMF species, beans, and rhizobia. *BMC plant biology*. 2009. № 9. P. 73.
DOI: 10.1186/1471-2229-9-73.
23. Lee Y.J., George E. Development of a
nutrient film technique culture system for arbuscular mycorrhizal plants.
Horticultural Science. 2005. № 40. P. 378–380.
24. Weber J., Ducousso M., Tham F.Y., Nourissier-Mountou S., Galiana A., Prin Y.,
Lee S.K. Co-

- inoculation of *Acacia mangium* with *Glomus intraradices* and *Bradyrhizobium spinaeropenic* culture. *Biology & Fertility of Soils*. 2005. № 41. P. 233–239.
25. Grant C., Bittman S., Montreal M., Plenchette C., Morel C. Soil and fertilizer phosphorus: Effect on plant P supply and mycorrhizal development. *Plant Science* 2005. № 85. P. 3–14.
26. Antunes P.M., Deaville D., Goss M.J. Effect of two AMF life strategies on the tripartite symbiosis with *Bradyrhizobium japonicum* and soybean. *Mycorrhiza* 2006. № 16. P. 167–173.
27. Boddington C.L., Dodd J.C. The effect of agricultural practices on the development of indigenous arbuscular mycorrhizal fungi. II. Studies in experimental microcosms. *Plant and Soil*. 2000. № 218. P. 145–157.
28. Wang S.G., Diao X.J., Li Y.W., Ma L.M. Effect of *Glomus aggregatum* on photosynthetic function of snap bean in response to elevated CO₂. *The Journal of Agricultural Science*. 2015. № 153 (5). P. 837–852. doi: 10.1017/S0021859615000040.
29. Schnepf A., Roose T. Modelling the contribution of arbuscular mycorrhizal fungi to plant phosphate uptake. *New Phytologist*. 2006. № 171. P. 669–682.
30. Мікофренд-р (Мікориза). Режим доступу: <https://btu-center.com/promisloviy-sektor/roslinnitstvo/mikofrend-mycofriend>.
31. Зіронька. Режим доступу: <https://ledaagro.shop/ua/p1776060824-kvasolya-kuschova-zironka.html>
32. Квасоля овочева. Режим доступу: <https://semena.in.ua/kvasolya-krocket/6819/>
33. Полупан М.І. Класифікація ґрунтів України. К.: Аграрна наука, 2005. С. 209–211.
34. Бондаренко Г., Яковенко К. (2001). Експериментальна методика овочівництва та баштанництва. Харків: Основа, 369 с.
35. Правила охорони праці під час виконання робіт в захищеному ґрунті. Київ, 2001. Режим доступу

https://zakon.isu.net.ua/sites/default/files/pdf/pravila_bezpeki_praci_pid_chas_v-3-28529.pdf.

36. Вплив промислових екосистем на навколишнє середовище. Режим доступу <https://ukrayinska.libretexts.org>

37. Правила охорони праці під час виконання робіт в захищеному ґрунті. Київ, 2001. Режим доступу https://zakon.isu.net.ua/sites/default/files/pdf/pravila_bezpeki_praci_pid_chas_v-3-28529.pdf

38. Вплив промислових екосистем на навколишнє середовище. Режим доступу <https://ukrayinska.libretexts.org>

ДОДАТКИ
