МОН УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА
(УНУС)

Факультет агрономії
Кафедра рослинництва

Допущено до захисту
„_____” _____ 2024 р.
Зав. кафедри к. с.–г. н., доцент
_____Віталій КРАВЧЕНКО

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ступеня вищої освіти магістр

ФОРМУВАННЯ ВРОЖАЙНОСТІ КВАСОЛІ ЗВИЧАЙНОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД НОРМ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ В УМОВАХ СФГ «МАЛЬВА» С. ЗОЗУЛИНЦІ КОЗЯТИНСЬКОГО РАЙОНУ

Виконав: студентка ІІ курсу, групи 21 м-а
Освітньої програми Агрономія
Спеціальності 201 Агрономія
БАЩЕНКО Світлана Євгеніївна

Керівники: Віталій КРАВЧЕНКО, к. с.–г. н., доцент
ЯЦЕНКО Вячеслав, доктор філософії,
старший викладач

Умань – 2024

ЗМІСТ

Вступ 4

Розділ 1. Огляд джерел наукової літератури 5

1.1. Господарське значення і морфологічні особливості 5

1.2. Технологія вирощування квасолі звичайної 7

Розділ 2. Об’єкт досліджень 24

Розділ 3. Умови та методика проведення досліджень 25

3.1. Умови проведення досліджень 25

3.2 Характеристика гідротермічного режиму у період проведення досліджень 27

3.3.Методика проведення досліджень 29

3.4. Агротехніка вирощування культури в досліді 31

Розділ 4. Результати експериментальних досліджень 33

4.1.Ефективність симбіотичної діяльності рослин квасолі 33

4.2.Вплив інокуляції та удобрення на структуру врожаю квасолі 44

Розділ 5. Економічна оцінка ефективність технології вирощування квасолі 55

Розділ 6. Організація умов охорони праці та умов навколишнього середовища при вирощуванні й селекційних дослідженнях з квасолею 60

6.1 Організація умов охорони праці 60

6.2. Оцінка екологічної небезпеки та вимоги щодо вирощування квасолі. 61

Висновки 64

Пропозиції виробництву 66

Список використаної літератури 67

Додатки 72

Вступ

Зернобобові, в тому числі всі різновиди сухих бобів, гороху, квасолі є дешевим, смачним і дуже поживним джерелом білка і життєво важливих мікроелементів, що може принести користь здоров'ю. Це основне послання ООН з нагоди старту Міжнародного року зернобобових 2016. В останні роки в Україні зростає інтерес до вирощування зернобобових культур, особливо гороху, сої та квасолі. Вони є головними зернобобовими культурами світового землеробства. Завдяки багатому й різноманітному хімічному складу вони не знають рівних собі за темпами росту виробництва. Найважливішою умовою одержання високих урожаїв зернобобових є наявність у ґрунті доступних елементів живлення, азотфіксуючих бульбочкових бактерій, вологи і температурного режиму.

Як бобові культури, вони володіють здатністю фіксувати азот атмосфери завдяки симбіозу з бульбочковими бактеріями, при цьому на 60-80% задовольняє свою потребу в цьому елементі біологічним шляхом. За інтенсивністю біологічної фіксації азоту горох, соя і квасоля перевищують інші зернобобові культури. Проте, на практиці ці рослини за звичайної технології вирощування забезпечують лише 30-50% своєї потреби в азоті. Тому важливо визначити і створити оптимальні умови середовища для реалізації потенційної азотфіксуючої активності зернобобових культур, і зокрема квасолі звичайної певного сортотипу в конкретних ґрунтово-кліматичних умовах.

Основною метою досліджень є виявлення кращих сортів, їх реакції на проведення інокуляції та оптимальних варіантів удобрення квасолі для одержання підвищеної урожайності квасолі.

Розділ 1. Огляд джерел наукової літератури

1.1. Господарське значення і морфологічні особливості

В умовах реформування агропромислового комплексу України та скорочення виробництва тваринної продукції важливого значення набуло виробництво високобілкових продуктів рослинництва. Як наслідок цього, за останні роки різко виріс попит на насіння зернобобових культур. Особлива роль зернобобових культур у розв'язанні білкової проблеми людства визначається, насамперед, високим умістом протеїну, наявністю значної кількості незамінних і критичних амінокислот, високим ступенем розчинності і поживності [1, 2].

Як відомо, зернобобові культури збагачують ґрунт цінною органічною масою, азотом, поповнюють орний шар фосфором, калієм, кальцієм, покращують структуру ґрунту і підвищують його родючість. Вони є найкращими попередниками для більшості культур сівозміни і найціннішими сидеральними добривами, їх можна вирощувати без застосування азотних добрив, на долю яких доводиться до 30 % енергозатрат в інтенсивних технологіях. Необхідно враховувати, що коефіцієнт використання азоту з мінеральних добрив становить лише 50 %, тобто значна частина їх забруднює нітратами ґрунтові води, а біологічний азот повністю утилізується живими організмами.

Серед зернобобових культур чільне місце займає квасоля. Квасоля містить у середньому 24 % білка, який за амінокислотним складом близький до білків тваринного походження. Тому її часто називають «рослинним м'ясом» [2, 3].

Квасоля - це цінна зернобобова високобілкова харчова культура в її зерно містить 28 – 30 % білка. Білок квасолі наближений за своєю якістю до білків м'яса і організм людини його гарно засвоює. Насіння квасолі багате на вміст органічних й мінеральних речовин: 45 – 52 % вуглеводи,

включаючи 5,2 % цукру, 1,8 % жиру, 4 % зольних елементів, та вітамін А, В1, В2 та ін. Вони також мають широке використання в кулінарії, наприклад для приготування борщу, супу, пиріжків, салатів; дієтичних страв для людей, які мають специфічні захворювання, наприклад, у яких хвора печінка, або сечовий міхур; використовують у вигляді сировини у консервній промисловості.

Теж із спаржевих сортів квасолі у кулінарії використовуються зелені боби, які містять: білка до 15,7 %, цукру до 2 %, і містять багато вітаміна С та сухої речовини. Через те, що недозрілі боби, насіння, зелені листки квасолі мають у своєму складі великий вміст отруйних речовин - використання її як кормової культури є обмеженим [4].

Певні види, наприклад багатоквіткова квасоля, яка має виткі слаборозгалужені міцні стебла, використовується як декоративна рослина: вона прикрашає садові куточки відпочинку, балкони, веранди та інші площадки.

У світі посівні площі квасолі сягають 20 млн га. Якщо брати країни СНД, то вирощування квасолі як польової культури відбувається в основному в Україні, Грузії та Молдові на загальній площі приблизно 50 тис. га, включаючи посівні площі України до 20 тис. га. За умов вирощування в Україні її урожайність невелика — у середньому 10 – 13 ц/га, а в більш розвинених господарствах 18 – 20 ц/га [5].

Морфобіологічний та екологічний опис. В Україні сільськогосподарському виробництві найбільш поширена квасоля звичайна (*Phaseolus vulgaris Savi*). Біля будинків, на ділянках, зайнятих городом може рости квасоля багатоквіткова (*Phaseolus multiflorus Wild*). Квасоля звичайна - це найбільш теплолюбна рослина поміж зернобобових культурних рослин. Її насіння проростає при температурі 10 °С, поява сходів при 12 – 14 °С, та в цей період при зниженні температури до мінус 0,5 – 1 °С - рослина гине. У вегетативний період ріст і розвиток квасолі відбувається при оптимальній температурі 22 – 25 °С.

Сходи квасолі дуже посухостійкі, зате у період проростання насіння дуже вимоглива до вологи – необхідно біля 105% від його маси. Квасоля погано переносить повітряну посуху в період цвітіння – достигання (відбувається обпадання квіток, зав'язей) та нестачу вологи в ґрунті. У період вегетації найкращою вологою в ґрунті є в межах 70 – 80 % НВ.

Кращі ґрунти для вирощування квасолі є легкі за механічним складом чорноземи, які мають нейтральну реакцію ґрунтового розчину (pH 6,5 – 7,5). Для рослин мало придатні заболочені, важкі, кислі або надто легкі піщані ґрунти.

Квасоля є світлолюбною культурою, попри те гарно росте й у затінених місцях. Майже всі форми квасолі звичайної — культури короткого світлового дня. Вегетаційний період сортів квасолі різна. Існує три види: ранні, що достигають на 75 – 85 день, середньостиглі - на 85 – 100 день і пізньостиглі - на 100 – 120 день і пізніше.

Районовані сорти: Докучаєвська, Ксеня, Буковинка, Несподіванка, Чародєйка, Ясочка, Панна, Славія, Галактика, Фресано, Щедра, Отрада та інші. [6].

1.2. Технологія вирощування квасолі звичайної

Кращими попередниками для квасолі є озимі зернові - пшениця, ячмінь, дещо гіршими – ярий ячмінь, овес, кукурудза на зерно і силос. Після таких попередників майже в усі роки залишається достатня кількість вологи і поживних речовин в ґрунті, тому врожаї її бувають високими. Не слід розміщувати квасолю після соняшнику і повторно висівати її на одному полі, так як це веде до ураження хворобами і значного зниження врожаю. Сіяти квасолю на тому ж полі, а також після інших бобових культур можна не раніше ніж через 5-6 років. Квасоля, як і інші бобові культури, накопичує азот в ґрунті, засвоюючи його з повітря за

допомогою азотофіксуючих бактерій, що поселяються на її коренях, збагачує грунт азотом і залишає після себе чисте від бур'янів поле. Розміщення пшениці після квасолі забезпечує її врожайність на рівні розміщення після чорного пару.

Обробіток ґрунту. Один з головних чинників формування високих і стійких врожаїв - обробіток ґрунту під квасолю. Наукою і практикою доведено, що найкращий обробіток ґрунту під цю культуру, яка повинна розміщуватись після ранозбираних попередників (озимих та ярих зернових), - це напівпаровий. Даний обробіток передбачає післязбиральне лущення на глибину 5-6 см слідом за збиранням врожаю, оранку на глибину 20-22 см, виконану через 15-25 днів після нього (але не пізніше кінця серпня) в агрегаті з котками або боронами, потім 2-3 культивації з боронуванням. Для запобігання стоку опадів останню культивацію проводять без боронування на глибину до 14 см. На схилах крутизною 3° С і більше рекомендується протиерозійний обробіток ґрунту пристосуваннями для лункування ПЛДГ-10. Основний обробіток ґрунту під квасолю після збирання кукурудзи включає післязбиральне дискування важкими дисковими знаряддями БДТ-7, БД-10 в 1-2 сліди на глибину 5-6 см, оранку плугами з кільчасто-шпоровими котками або боронами на глибину 20-22 см.

Добрива. Квасоля чутлива на добрива. Вона добре використовує також післядію добрив, що вносяться під попередні культури. Добрива вносять у вигляді основного восени під зяблеву оранку, а також навесні - локально в рядки при посіві. На сірих лісових ґрунтах, опідзолених і вилужених чорноземах застосовують $N_{60}P_{60}K_{60}$, на типових і звичайних чорноземах, на карбонатних чорноземах центральній і південній зон $N_{45}P_{60}K_{30\text{-}60}$. Необхідно також вносити на всіх типах ґрунтів припосівні добрива. При цьому краще застосовувати амофос в дозі 0,5 ц на 1 га або 11% -ву нітрофоску - 1 ц/га. Використання складних добрив усуває можливі порушення в співвідношенні поживних речовин, сприяє підвищенню

ефективності туків, поліпшенню якості сівби.

Сівба та догляд за посівами. Оскільки квасоля - культура теплолюбна, для отримання дружних сходів сівбу необхідно проводити в добре прогрітий грунт. При сівбі в непрогрітий грунт насіння не сходять, уражаються грибковими хворобами, втрачають схожість, в результаті чого масиви бувають розріджені. Запізнення з сівбою також призводить до великого недобору врожаю.

Оптимальний термін сівби квасолі - при прогріванні ґрунту на глибині 10 см до + 14-16 ° С. Кращий спосіб сівби - широкорядний з міжряддями 45 см. Він забезпечує рівномірний розподіл насіння на площі, повне змикання рослин в рядах тільки в період цвітіння, що дозволяє до цього часу здійснювати механізований догляд. На чистих від бур'янів площах і при використанні високоефективних гербіцидів при сівбі міжряддя доцільно зменшувати до 30 см. У цьому випадку відбувається більш високе прикріплення бобів, що дозволяє проводити пряме комбайнування і значно зменшує втрати зерна. Квасоля виносить сім'ядолі на поверхню ґрунту, тому закладати її насіння треба на глибину 5-6 см при достатній вологості ґрунту, а при пересиханні верхнього шару, а також на легких ґрунтах - до 7-8 см. Відразу після сівби поле прикочують кільчасто-шпоровими котками, що забезпечує вирівнювання поверхні ґрунту і появу дружних сходів. При правильному основному, передпосівному обробітках ґрунту і застосуванні гербіцидів відпадає необхідність в проведенні будь-яких обробітків по догляду за рослинами. У тому випадку, якщо гербіциди не застосовувалися або опинилися малоефективними в боротьбі з бур'янами, проводять досходове боронування в один або два сліди впоперек напрямку рядів на невеликій швидкості, 5-7 км/год, легкими боронами через 4-5 дні після сівби. При необхідності проводять післясходовое боронування - через 5-7 днів після появи сходів тим же агрегатом і з тією ж швидкістю. Надалі здійснюють 1-2 культивації міжрядь, останню - перед змиканням рядків. Для міжрядних культивацій

використовують культиватори УСМК-5,4, КРН-5,6, переобладнані на ширину міжрядь 45 см. У роки з переважанням в посівах злакових бур'янів рекомендується застосовувати Трефлан. Однак при цьому слід пам'ятати, що квасоля відрізняється підвищеною чутливістю до цього гербіциду, тому незначне збільшення його дози може привести до пригнічення і загибелі частини сходів, і в кінцевому підсумку - до недобору врожаю зерна. Гербіцид вносять в дозі 1 кг/га під передпосівний обробіток ґрунту або 1,5 кг/га за два тижні до сівби під культивацію. Перспективний в боротьбі з дводольними бур'янами Базагран, який вносять по вегетуючих рослинах квасолі при утворенні ними перших справжніх листків у дозі 0,8-1 кг/га. Обробку посівів квасолі Базаграном доцільно поєднувати з передпосівним або досходовим внесенням Трефлану.

Збирання врожаю. Квасоля дуже швидко дозріває - всього близько 50 днів, і здатна дати урожай двічі на рік. Дозрівання сучасних високопродуктивних кущових сортів квасолі триває протягом 10-12 днів. Збирати квасолю слід прямим комбайнуванням у фазі підсихання 50-60% бобів на рослинах, коли опадає основна маса листя [7].

Найбільшу зацікавленість для виробництва становлять кущові та напівкущові сорти квасолі, придатні для механізованого збирання. З них серед реєстру сортів квасолі звичайної вагоме місце для виробництва в зоні Лісостепу України належить сорту квасолі Надія.

Зернова продуктивність квасолі – дуже складна властивість, що лише на 20 % зумовлюється генотипом сорту. Набагато більше значення мають чинники зовнішнього середовища та окремі елементи технології вирощування.

Експериментально встановлено, що продуктивність квасолі значно залежить від чинників, які можна регулювати технологічними прийомами вирощування, зокрема, обробітком ґрунту та внесенням мінеральних добрив. Отримані результати свідчать про істотний вплив кліматичних умов на врожайність квасолі. Середній варіаційний розмах урожайності зерна квасолі

за роки досліджень становив від 1,71 до 2,86 т/га і загалом у досліді одержано середню врожайність 2,26 т/га.

Вивчення питання щодо впливу прийомів вирощування на врожайність, у середньому за два роки досліджень, засвідчило, що найкращою виявилась доза $N_{30}P_{60}K_{60}$ за оранки 20–22 см. За таких прийомів вирощування одержано найвищу врожайність зерна квасолі – 2,77 т/га, що на 1,01 т/га більше від контролю. Врожайність у вказаному варіанті становила 2,86 і 2,70 т/га. Збільшення дози азоту лише на 30 кг/га діючої речовини ($N_{60}P_{60}K_{60}$) забезпечило дещо меншу врожайність – 2,72 т/га, а без внесення азотних добрив у варіанті лише з фосфорними і калійними добривами в дозі $P_{60}K_{60}$ – 2,32 т/га.

Найменша середня врожайність 1,76 т/га одержана на контролі за оранки на 14–16 см при внесенні фосфорних і калійних добрив в дозі $P_{60}K_{60}$. Найбільший вплив на формування врожаю з двох чинників (доза мінеральних добрив, спосіб обробітку ґрунту) мала кількість мінеральних добрив [8, 9].

Як свідчать дослідження вчених Іванова Н. Ф. [10], Стаканова Ф. С. [11], Решетило Т. М. [12], доцільно вирощувати квасолю широкорядним з шириною міжрядь 45–70 см та стрічковим з відстанню між стрічками 50–60 см, між рядками в стрічці – 20–40 см способами і відстанню між рослинами в рядку 8–10 см з відповідною густотою рослин 200–450 тис. шт./га. У технології вирощування квасолі важливе значення займає схема розміщення рослин, а особливо останніми роками у зв’язку зі збільшенням посушливості клімату та постійним оновленням переліку районованих сортів. Від схеми розміщення, площі живлення рослин залежать темпи росту і розвитку культури в посівах, висота рослин і прикріплення бобів нижнього ярусу, інтенсивність фотосинтезу, гілкування, товщина стебла, стійкість до вилягання, формування бобів, рівномірне достигання, кількість та маса насінин з рослини [13–15]. Тому схема розміщення рослин на площі повинна бути такою, щоб забезпечити високий ступінь використання сонячної енергії, для цього рослинний покрив повинен повністю займати

міжряддя до початку цвітіння квасолі.

Висота прикріплення нижнього бобу на рослині обумовлена генетикою сорту і має велике значення при збиранні зернобобової культури. У рослин з низьким прикріпленням бобів втрати при збиранні можуть сягати від 3 до 20 %. У міру загущення зернобобових культур висота прикріплення нижніх бобів збільшується. Висота прикріплення верхнього бобу та зона плодоношення зменшується [16].

Встановлено, що найвище прикріплення нижнього бобу на рівні 14–16 см було за схеми 45 × 10 см (контроль) і 45 × 15 см, за густоти рослин 222–149 тис. шт./га та площі живлення однієї рослини в межах 450–675 см^2. Розрідження посіву зумовлює зниження висоти прикріплення бобу на 2–5 см.

Основним показником урожайності є кількість бобів на одній рослині, яка варіювала в межах 18–20 шт. на контролі, 18–21 шт. за схеми 45 × 15 см, 20–21 шт. за схем 45 × 20 та 45 × 25 см. Отже, загущення посіву призводить до зменшення кількості бобів на одній рослині.

В залежності від схеми розміщення рослин коливається і середня маса товарного бобу. В середньому маса одного бобу у технічній стиглості варіювала від 3,19 до 4,09 г. У 2013 р. найбільшу масу бобу отримали за схем 45 × 15 см та 45 × 25 см – 4,0–4,55 г, що перевищує контроль 3,08 (45 × 10 см). У 2014–2015 рр. маса бобу збільшується зі зниженням густоти розміщення рослин.

Довжина бобу в технічній стиглості коливалась від 100 до 108 мм. Найдовшими були боби у зразків, вирощених за схемою 45 × 25 см, що перевищує контроль в середньому на 4 мм. Найменший за довжиною біб формувався за схеми 45 × 20 см (100 мм). Відмічено таку закономірність по роках спостережень.

Ширина зеленого бобу, у середньому за роки досліджень, у всіх зразків за різної схеми розміщення була майже однаковою – 8–9 мм. Найбільшу урожайність лопатки у середньому за 2013–2015 рр. отримали за

схеми розміщення 45 × 25 см з густотою рослин 89 тис. шт./га й площею живлення 1125 см^2, що на 0,4–2,2 т/га більше від досліджуваних схем. У 2013 р. отримали 16,6 т/га лопатки за схеми 45 × 25 см, у 2014 р. на 1,2 т/га, і у 2015 р. на 4,3 т/га більше у порівняні з контролем. Різниця пов'язана насамперед із погодними умовами в роки проведення досліджень. Дещо нижчий рівень урожайності отримали за схеми 45 × 15 см і 45 × 20 см. На контролі (45 × 10 см) у 2013 р. вона була на рівні 15,4 т/га, у 2014 р. – 16,2 т/га і у 2015 р. на 4,5 т/га менше (11,3 т/га).

Зазначено, що кількість насінин у стиглому бобі за роками досліджень та в залежності від схем розміщення рослин істотно не різнилась. Більш за все даний показник залежить від сортових особливостей.

Кількість насінин з рослини є однією з важливих ознак структури й значно впливає на продуктивність сорту і переважно залежить від кількості бобів на рослині та насінин у них. Найбільше середнє значення за «кількістю насінин з рослини» отримали за схеми – 45 × 25 см (114 шт.), що перевищує контроль, в якого кількість становить 96 шт. За схем розміщення рослин 45 × 20 см та 45 × 15 см на рослині формується 100 шт. насінин.

«Маса 1000 насінин» – є важливою ознакою для характеристики якісних показників продукції. Даний параметр характеризувався різними тенденціями до зміни за роками досліджень. Істотне зростання маси 1000 насінин відносно контролю забезпечує тільки використання схеми розміщення рослин 45 × 25 см (336,3 г). Розрідження посівів зумовлювало зростання даного показника з 273 г на контролі (45 × 10 см) до рівня 296–386 г за інших схем розміщення. У 2015 році, навпаки, висока маса 1000 насінин сформована за схеми 45 × 10 см (406,1 г), а з розрідженням посівів даний параметр знижується (370,1–374,5 г). В середньому за роки досліджень можна зазначити істотне збільшення маси 1000 насінин за використання схеми розміщення рослин квасолі 45 × 20 см (349,1 г).

Урожайність насіння залежно від схеми розміщення рослин становила 1,9–2,1 т/га. Найвищу урожайність (2, 1 т/га) отримали за схеми 45 × 15 см з густотою 149 тис. шт./га і площею живлення 675 см^2, але з іншими схемами розміщення рослин (в т.ч. і контролем) різниця була не суттєвою. Подібна тенденція відмічається і за роки досліджень.

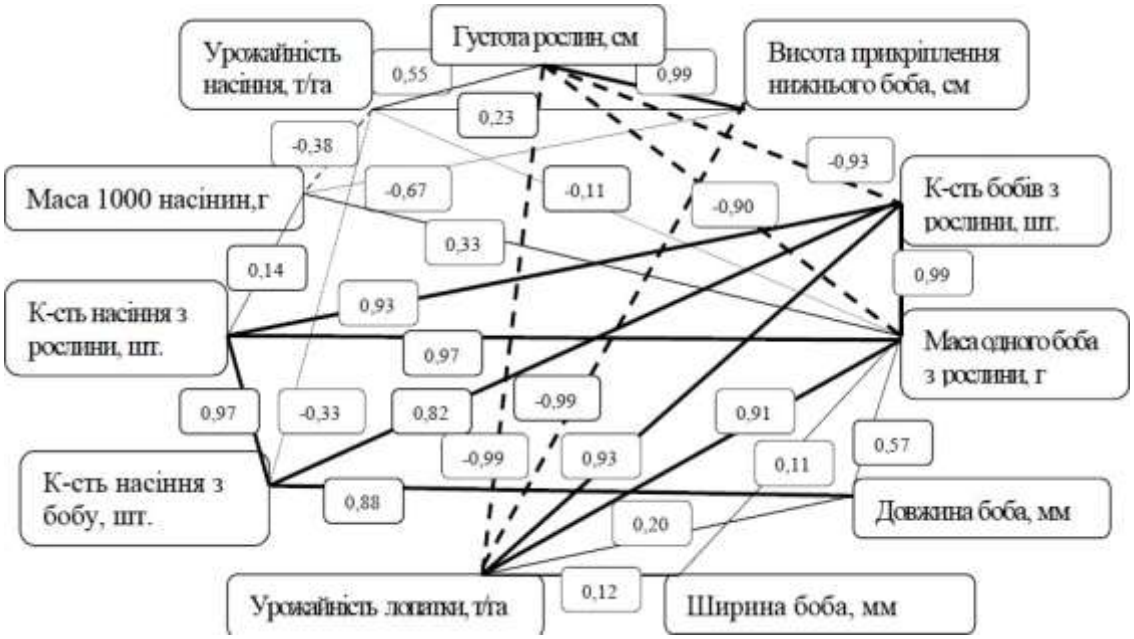


Рис.1 Кореляційна плеяда залежності густоти рослин, господарсько-цінних ознак урожайності насіння квасолі овочевої

На основі кореляційного аналізу виявлено, що урожайність лопатки позитивно корелює з кількістю бобів на рослині (r = 0,93), масою одного бобу з рослини (r = 0,91) та має обернений сильний зв'язок з висотою прикріплення нижнього бобу (r = -0,99) і густотою рослин (r = -0,99). Відмічено слабкий зв'язок з довжиною (r = 0,197) й шириною (r = 0,121) бобу.

Маса одного бобу з рослини має позитивний сильний зв'язок з кількістю насіння з рослини (r = 0,97), досить слабкий зв'язок з масою 1000 насінин (r = 0,33), з довжиною і шириною бобу (r = 0,57 та 0,11 відповідно). Встановлено сильний позитивний зв'язок між кількістю бобів на рослині і кількістю насіння з рослини (r = 0,93) та кількості насіння з бобу (r = 0,82), обернений зв'язок середньої сили маси 1000 насінин з висотою

прикріплення нижнього бобу (r = -0,67). Тісний позитивний зв'язок між кількістю насіння з бобу з довжиною бобу (r = 0,88). Виявлено сильний кореляційний зв'язок (r = 0,99) між густотою рослин і висотою прикріплення нижнього бобу.

Кореляційно-регресивний аналіз показав, що існує зв'язок між урожайністю лопатки й насіння та густотою рослин відповідно до схеми розміщення рослин. Залежність описується лінійним рівнянням: y = -0,016 x + 17,93. Збільшення густоти рослин на 1 одиницю виміру призводить до зменшення урожайності лопатки в середньому на 0,016 т/га. Коефіцієнт детермінації R^2 = 0,997.

Залежність між урожайністю насіння та густотою рослин описується рівнянням: y = 0,004 x + 1,503. Збільшення густоти рослин на 1 одиницю виміру призводить до збільшення урожайності насіння в середньому на 0,004 т/га. Коефіцієнт детермінації R^2= 0,976.

Ефективність мікробних препаратів для бобових культур залежить передусім від їх біоагентів − штамів бульбочкових бактерій. У попередні роки методом аналітичної селекції нами отримано новий перспективний штам бульбочкових бактерій квасолі R. phaseoli фБ1 (iMB B-7319), який є активним симбіотичним азотфіксатором, характеризується високою конкурентоспроможністю порівняно з місцевими неактивними штамами специфічних ризобій [17] і може бути потенційним біоагентом препаратів для квасолі звичайної.

Ефективність 2-х принципово різних біопрепаратів ризобофіту та ризогуміну на основі нового штаму R. phaseoli фБ1 вивчали в серії польових дослідів у ґрунтово-кліматичних умовах Лісостепу та Полісся.

Так, за вирощування квасолі звичайної на чорноземі вилугуваному (у зоні Полісся) на коренях рослин контрольного варіанта (без обробки біопрепаратами) бульбочки не утворювалися, що свідчить про відсутність у ґрунті специфічних для квасолі бульбочкових бактерій.

У фазі цвітіння кількість азотфіксувальних бульбочок у варіантах із

застосуванням ризобофіту і ризогуміну була незначною і становила в середньому за 2 роки 8 – 10 од. на рослину. Лише у фазі наливу бобів їх кількість істотно збільшилася і дорівнювала 19 – 28 од. на рослину. Загалом комплексний препарат ризогумін на основі нового штаму R. phaseoli фБ1 сприяв формуванню достовірно більшої (у 1,4 – 1,5 раза) кількості бульбочок порівняно з ризобофітом.

Важливим показником симбіотичної діяльності бульбочкових бактерій і бобових рослин є не лише кількість бульбочок, а й їх маса. Так, за обробки насіння квасолі торф'яною формою ризобофіту та обома формами ризогуміну вже у фазі цвітіння маса бульбочок була достовірно більшою порівняно з масою за обробки рідкою формою ризобофіту (0,17 г/рослину проти 0,12 г/рослину). У фазі наливу бобів найкращим за цим показником виявився варіант з обробкою насіння торф'яною формою ризогуміну (0,29 г/рослину).

Найвищий рівень фіксації молекулярного азоту також спостерігався за використання обох форм ризогуміну та торф'яної форми ризобофіту. Від фази цвітіння до фази наливу бобів цей показник збільшився у 2,4 – 2,8 раза. Максимальні показники азотфіксувальної активності спостерігалися у варіанті із застосуванням торф'яної форми ризогуміну (9,25 та 25,56 мкг N на рослину за 1 год).

У результаті проведених досліджень установлено, що біопрепарати ризобофіт та ризогумін на основі запропонованого штаму R. phaseoli фБ1 забезпечують стабільне підвищення врожайності квасолі сорту Щедра на 16,9 – 29,2% порівняно з контролем без інокуляції. Максимальний рівень урожайності (3,05 т/га) за 3 роки відзначено за використання торф'яної форми ризогуміну. Із застосуванням нового штаму ризобій поліпшувалися показники якості зерна квасолі: уміст білка щодо контролю зріс на 12,5%, жиру — на 17,4%.

Окрім зазначеного позитивного впливу на симбіотичні показники, використання нового штаму R. phaseoli фБ1 як біоагента препаратів значно стримує розвиток кореневих гнилей, що є важливою складовою отримання

високих урожаїв. Ефективність захисної дії штаму становить 26,8 – 36,7% [17].

Біопрепарати на основі штаму R. phaseoli фБ1 (торф'яна форма) перевіряли також у польовому досліді в ґрунтово-кліматичних умовах Лісостепу центрального на фоні місцевої популяції ризобій квасолі.

Незважаючи на наявність у ґрунті специфічних бульбочкових бактерій, біопрепарати ризогумін і ризобофіт сприяли достовірному збільшенню врожаю зерна квасолі сорту Галактика на 11 – 20,6% порівняно з контролем (без інокуляції).

Ефективність біопрепаратів ризобофіт та ризогумін (торф'яна форма) у системі удобрення квасолі овочевої вивчали також впродовж років трьох років досліджень в умовах Лісостепу Лівобережного (інститут овочівництва і баштанництва НААН).

Дослідження показали, що інокуляція насіння квасолі мікробними препаратами на фоні фосфорно-калійних добрив сприяла істотному підвищенню врожайності зерна квасолі овочевої порівняно з контролем (без інокуляції і внесення мінеральних добрив). Так, застосування комплексного препарату ризогуміну на основі нового штаму R. phaseoli фБ1 сприяло підвищенню врожайності квасолі сорту Шахиня на 0,86 т/га, що в середньому за 3 роки було на рівні врожайності за внесення добрив у дозі $N_{60}P_{60}K_{60}$. Роколта також сприяв підвищенню врожайності квасолі до 3,14 т/га, що наближалося до рівня застосування половинної дози мінеральних добрив $N_{30}P_{30}K_{30}$. Отримані дані свідчать про те, що застосування біопрепаратів на основі нового штаму ризобій дає змогу зменшити внесення в ґрунт мінеральних азотних добрив та отримати високі врожаї квасолі овочевої.

Активізація бобово-ризобіального симбіозу за використання ризогуміну на основі штаму R. phaseoli фБ1 позначалася на якості зерна квасолі. Уміст у зерні крохмалю зріс порівняно з контролем (у середньому за 3 роки) на 11,7%, загального цукру — 4,5%, зольність

збільшилася на 12,5%.

Сучасне становище економіки в країні вимагає від товаровиробників перед прийняттям рішення про вирощування культури визначитися з витратами, які необхідно понести на її вирощування, рівнем прогнозованого врожаю та окупності вкладених коштів. Зважаючи на вищевикладене, планування загальних витрат на вирощування зерна квасолі звичайної є одним з головних економічних чинників. У наших дослідженнях поставлений на вивчення глибокий обробіток ґрунту на 28-30 см потребував витрат на рівні 16720 грн/га, що, порівняно з оранкою на 20-22 см, вищі на 0,71% (118 грн/га). Це пояснюється більшими витратами силового агрегату на супротив ґрунту [18].

Найбільш витратним, з економічної точки зору, є використання мінеральних добрив. Згідно з отриманими нами розрахунками, загальні витрати на варіантах, де добрива не використовували, за оранки на 20- 22 см складали 15230 грн/га, що більше на 0,78%, порівняно з обробітком на 28-30 см. Застосування в технології вирощування мінеральних добрив у дозі $N_{45}P_{45}$ обумовило зростання витрат у середньому по досліду на 1440 грн/га. Різниця між досліджуваними глибинами обробітку складала 113 грн/га на користь більш глибокого. За максимальної з досліджуваних доз добрив витрати на оранку завглибшки 20-22 см складали 17904 грн/га, що на 122 грн/га менше порівняно з обробітком на глибину 28-30 см [19].

Формування найбільш доцільної щільності посіву, з економічної точки зору, обумовлює зменшення витрат на насіння зі збільшенням валового збору і, відповідно, зменшення витрат на одиницю продукції. У наших дослідженнях сівба з міжряддям 15 см забезпечила формування загальних витрат на вирощування зерна квасолі звичайної, в середньому по досліду, на рівні 16427 грн/га. Збільшення ширини міжряддя сприяло збільшенню витрат, які додатково формувалися зі зменшенням норми виробітку та додаткових операцій по догляду за посівами. Приміром, за

вирощування квасолі з міжряддям 30 см загальні витрати на вирощування склали 16600 грн/га, що перевищило попередній показник на 173 грн/га. Широкорядні посіви з міжряддям 45 та 60 см вимагали від виробника вкладання у гектар посіву, в середньому по досліду, 16940 та 16678 грн, що порівняно зі звичайним рядковим посівом більше на 3,2 і 1,6%, відповідно [20].

Формуючи ціни на кінцевий продукт, сільськогосподарські товаровиробники орієнтуються на ціни на світовому та вітчизняному ринках та собівартість вирощеної продукції. Зерно квасолі в цих категоріях займає нішове значення, тому його ціна залежить, в основному, від капіталовкладень на вирощування. У проведених нами дослідженнях, собівартість зерна квасолі звичайної коливалась від 5385 до 10223 грн/т.

Вирощування квасолі звичайної за глибини полицевого обробітку 20-22 см забезпечило формування собівартості зерна на рівні 7415 грн/т. Це перевищувало показники глибокого обробітку на 1,33% [22].

Значимість доз добрив у системі інтенсивного землеробства показали розрахунки собівартості, які за внесення $N_{45}P_{45}$ забезпечили найменший показних за обох досліджуваних глибин обробітку ґрунту – 7033 та 6927 грн/т. У разі вирощування культури за умов природної родючості, собівартість зерна була найбільша і складала, в середньому по досліду, за оранки на 20-22 см – 8077 грн/т, а на 28-30 см – 7972, тобто показник збільшився на 14,9 та 15,1%, відповідно. За найбільшої дози мінеральних добрив собівартість зерна квасолі звичайної займала проміжне місце між іншими досліджуваними фонами живлення. За цих умов, на варіантах оранки на глибину 28-30 см показник склав 7052 грн/т, а за обробітку на 20-22 см він зменшився на 84 грн/т і у підсумку, в середньому по досліду, склав 7136 грн/т [22].

Найбільш помітна динаміка змін собівартості простежувалася за досліджуваним показником ширини міжряддя. Згідно з отриманими

даними, собівартість зерна квасолі звичайної зменшувалася від ширини міжряддя 15 до 45 і різко зростала за 60 см. В абсолютних цифрах попереднє твердження виглядало так: за ширини міжряддя 15 см собівартість зерна квасолі звичайної, в середньому по досліду, склала 9212 грн/т, але зі збільшенням ширини міжряддя удвічі (до 30 см), показник, навпаки, зменшився на 21,1%. Найменша собівартість зерна була за вирощування культури з міжряддям 45 см, яка склала за оранки на 20-22 см – 5722 грн/т, а на 28-30 см – 5625, що на 61,7 та 63,1%, відповідно, менше порівняно зі звичайним рядковим способом. Недоцільність вирощування зерна квасолі звичайної за ширини міжряддя 60 см визначається суттєвим подорожчанням продукції до 6968 грн/т, що на 22,8% більше порівняно з попередніми показниками

Валовий прибуток від вирощування поєднує в собі ефективність запроваджуваних елементів технології за рівнем урожаю та маркетингової ціни на ринку. За цих умов валовий прибуток складав від 11432 до 42308 грн/га.

Глибина обробітку ґрунту несуттєво вплинула на величину валового прибутку і склала за оранки на 20-22 см – 11432-41209 грн/га, а 28-30 см – 11689-42308. Згідно з отриманими даними, в середньому по досліду, різниця між варіантами досліду склала лише 3,2% або 797 грн/га, що, на нашу думку, є несуттєвим [22].

Застосування в інтенсивних технологіях мінеральних добрив обов’язкове, бо забезпечує отримання максимальної продуктивності від рослини. Проведені дослідження показали, що на варіантах контролю (без внесення добрив) вартість продукції складала від 11432 до 29701 грн/га за оранки завглибшки 20-22 см та 11689-30845 за оранки на 28-30 см. Різниця між різними обробітками ґрунту складала лише 3,5%. Внесення найменшої з досліджуваних доз мінеральних добрив обумовило в умовах зрошення різке збільшення продуктивності рослин і, відповідно, валового прибутку. В абсолютних показниках, в середньому по досліду, воно

склало 27754 грн/га, що було на 373,0% більшим порівняно з попереднім варіантом. Збільшення вдвічі дози внесених мінеральних добрив не призвело до аналогічного збільшення величини валового прибутку і склало, в середньому по досліду, 29015 грн/га, що на 4,6% більше порівняно з попередньою дозою добрив, а з контрольними варіантами – на 43,2% [22].

Вирощування квасолі звичайної звичайним рядковим способом дозволяє сформувати валовий прибуток на рівні 11432-18959 грн/га. Розширення міжряддя до 30 см забезпечило найбільш оптимальні умови для формування показника, який збільшився проти попереднього, в середньому по досліду, на 43,7%, сягаючи максимальних значень за ширини міжряддя 45 см. За цих умов показник складав від 29701 до 42308 грн/га. Подальше розширення міжряддя призвело до значного зменшення величини валового прибутку, в середньому по досліду, до 26672 грн/га.

Ефективне виробництво неможливе без узагальнення показників витрат та прибутку, який характеризується рівнем рентабельності [22].

Отримані показники свідчать про ефективне відновлюване товаровиробництво та можливість розширення обсягів виробництва. За вирощування зерна квасолі звичайної за полицевого обробітку на глибину 20-22 см показник рентабельності коливався від 76 до 228%, що порівняно з більш глибоким обробітком був меншим, у середньому по досліду, на 2,4 відсоткових пункти, складаючи в абсолютних величинах – 77-234%. Це свідчить про незначну ефективність з економічної точки зору використання глибокого обробітку ґрунту під культуру.

Застосування в технології вирощування мінеральних добрив визначило найкращий варіант, де величина рівня рентабельності була найвищою (192-234%) за внесення $N_{45}P_{45}$. Збільшення дози мінеральних добрив під культуру, навпаки, зменшило величину показника до 137-171% за оранки на глибину 20-22 см та 141- 176% – на глибину 28-30 см. У середньому по досліду величина зниження склала 4%. Найменший рівень

рентабельності вирощування зерна квасолі звичайної був на варіантах, де мінеральні добрива не вносили, що склало за умов оранки на глибину 20-22 см – 76- 137, а на глибину 28-30 см – 77-141% [22].

Загущення посівів квасолі через збільшення ширини міжряддя з 15 до 60 см обумовило зменшення врожайності культури і, відповідно, рівня рентабельності вирощування. Вирощування квасолі звичайної з міжряддям 15 см, в середньому по досліду, формувало показник на рівні 97%. Збільшення відстані між рядками до 30 см збільшило показник, порівняно з попередніми результатами, на 41,3 відсоткових пукти, склавши, в середньому по досліду, 137%.

Згідно з проведеним економічним аналізом наших досліджень з удосконалення технології вирощування квасолі зернової видно, що максимальні показники рівня рентабельності (234%) за низької собівартості зерна (5385 грн/т) формувалися за вирощування культури по оранці на глибину 28-30 см, внесенні добрив у дозі $N_{45}P_{45}$ та ширини міжряддя 45 см. Слід зазначити, що проведення полицевого обробітку на глибину 20-22 см за тих же самих елементів формували менші відповідні показники, (228% та 5486 грн/т), що є не суттєво [22, 23].

РОЗДІЛ 2 ОБ’ЄКТ ДОСЛІДЖЕНЬ

Сорт Ассоль. Вегетаційний період складає 105 днів. Вміст крохмалю складає 40,2%. Висота кріплення нижнього стручка – 13 см. Адаптується до різноманітних грунтово-кліматичних умов вирощування.

Сорт Рось. Сорт Рось внесений в державний реєстр в 2018 році. Рекомендована зона для вирощування: Лісостеп. Напрям використання: універсального призначення. Метод створення: Самозапилення Урожайність: 2.8 тон/га. Тривалість періоду вегетації, діб: 90. Урожайність зерна (за стандартної вологості 14 %) - 2,8 т/га; висота прикріплення нижнього бобу - 19 см; висота рослин - 50 см; тривалість вегетації рослин - 90 діб.

Сорт Панна. Сорт Панна внесений в державний реєстр в 2014 році. Стійкість до посухи -7 балів. Стійкість до обсипання -7 балів. Метод створення: Самозапилення. Стійкість до посухи: 7 балів. Стійкість до осипання: 7 балів. Тривалість періоду вегетації, діб: 105. Урожайність зерна (за стандартної вологості 14 %) становить 2,6 т/га. Тривалість вегетації рослин 105 діб. Висота рослин 53 см. Маса 100 бобів 42,9 г. Стійкість до вилягання та до обсипання - 7 балів.Посухостійкість - 7 балів. Висота прикріплення нижнього бобу - 14 см. Ураженість хворобами: антракнозом -10 %. Ураження вірусною мозаїкою - 5 %. Ураження вірусною мозаїкою - 3 %.Вміст сирого протеїну - 21,5 %.

Розділ 3. Умови та методика проведення досліджень

3.1. Умови проведення досліджень

Об’єктом досліджень виступали сорти квасолі звичайної. Закладка польового досліду проводилась на дослідних ділянках Вінницького національного аграрного університету.

Цю територію за характером природних умов (клімату, рельєфу місцевості, поширених ґрунтів) віднесено до центральної під-зони Правобережного Лісостепу і знаходиться вона в його північній під-провінції в межах Вінницько-Немирівського підрайону агроґрунтового району Вінницької області.

Вінницький район відноситься до центрального агрокліматичного району.

Для цього району характерне поширення сірих лісових ґрунтів легкого середньо-суглинкового механічного складу, агрохімічна характеристика яких подається в табл. 3.1.

Вміст гумусу в ґрунті середній, забезпеченість фосфором висока, а калієм низька. Кислотність близька до нейтральної. Центральний агро-кліматичний район Вінницької області належить до смуги культур середньої стиглості. Характеризується помірно-теплим і вологим кліматом. Опади, температура повітря, довжина денного освітлення, сума ефективних температур безпосередньо впливають на ріст і розвиток культур. Порівняно недалеке розташування території господарства від акваторії південних морів склало тут умови для формування помірно-континентального клімату. Весна розпочинається переважно в другій декаді березня, коли середньодобова температура повітря перевищує 0°С. Однак весняні заморозки бувають до 20 – 25 квітня (в окремі роки вони можливі і в першій декаді травня).

Таблиця 3. 1

Агрохімічна характеристика ґрунту

Назва ґрунту		Сірий опідзолений середньо-суглинковий
Вміст гумусу за Тюріним, %		2,4
Вміст рухомих форм, мг.-екв. на 100 г ґрунту	P_2O_5	21,2
	K_2O	9,2
РН сольової витяжки		5,8
Гідрологічна кислотність, мг. на 100 г ґрунту		4,1
Сума увібраних основ, мг. на 100 г ґрунту		15,3

Нічні заморозки, як правило, закінчуються при переході середньодобових температур через +5 °С й з цього часу розпочинаються до кінця листопада. Довжина вегетаційного періоду становить 190-250 днів (табл. 3.2).

Таблиця 3.2

Кліматичні елементи центральної під-зони Вінницької області

№ з/п	Кліматичний елемент	Показник
1	Сума позитивних температур (вище+0°С)	2671-2780
2	Тривалість безморозного періоду, діб	199-205
3	Середньорічна температура повітря, °С	6,7-7,0
4	Середній з абсолютних мінімумів температури повітря, °С	-25
5	Абсолютний мінімум температур повітря, °С	-32…-34
6	Середня дата першого приморозку (восени)	1-7.X.
7	Середня дата останнього приморозку (весна)	23-25.IV.
8	Тривалість вегетаційного періоду, діб	190-250
9	Сума опадів за вегетаційний період, мм	369-425
10	Сума опадів за рік, мм	530-540
11	Сума ефективних температур (вище +10 °С) за вегетаційний період, °С	980-1100
12	Тривалість періоду зі сніговим покривом, днів	87-90
13	Середня глибина промерзання ґрунту, см	55-57
14	Переважаючий напрямок вітру	Пн.-зх.

Середня дата останнього та першого приморозків у повітрі збігається з датами переходу середньодобових температур вище + 10°С і нижче восени. Цей період відповідає активній вегетації рослин з довжиною у середньому 155-160 днів. Довжина періоду з промерзанням ґрунту в середньому 66-72 дні, при глибині промерзання 50 – 55 см (коливається від 22 до 81 см). Сніговий покрив невеликий (20-25 см) і нестійкий. Гідротермічний коефіцієнт (ГТК) становить 1,7 – 1,8. За середньо-багаторічними показниками перехід середньодобової температури повітря через +5 °С навесні (початок вегетаційного періоду) проходить 6 – 10 квітня. Перші приморозки на поверхні ґрунту бувають в останні дні вересня, у повітрі – в першій декаді жовтня. Останні приморозки весною на поверхні ґрунту спостерігаються в другій п'ятиденці травня, у повітрі – в третій декаді квітня. Опадів протягом року випадає 503-590 мм. Із цієї суми близько 70% опадів приходиться на теплий період року і 30% - у холодний. Кліматичні умови центральної під-зони Вінницької області сприятливі для вирощування основних сільськогосподарських культур, у тому числі квасолі.

3.2. Характеристика гідротермічного режиму у період проведення досліджень

За вологозабезпеченням весь вегетаційний період 2023 року характеризувався, як сприятливий у критичні періоди, а також протягом всього вегетаційного періоду.

Насамперед сприятливими вони були у період цвітіння, утворення і наливання бобів.

В умовах 2023 року у квітні випало 36 мм, травні – 144, червні – 89; липні – 40; серпні – 9; вересні – 28 мм.

Температурний режим 2023 року був слідуючим: у квітні температура склала – 9,2; травні – 15,5; червні – 21,6; липні – 19,1; серпні – 20,3; вересні – 15,2°С. Температурні умови у середніх багаторічних даних

складали у квітні – 8,0, травні – 14,0, червні – 17, 0, липні –18,0, серпні –17,0 та у вересні – 13,0 °С. Кількість опадів, які спостерігалися були сприятливими, особливо у критичні періоди росту й розвитку, так у квітні випало 49 мм, травні – 53; червні – 73; липні – 88; серпні – 69; , у вересні – 47 мм.

Гідротермічний режим в умовах 2023 року був сприятливим в окремі міжфазні періоди за вологозабезпеченням. Зокрема велика кількість їх випала у травні – 144 мм, достатня кількість у червні – 89 мм, що стосується температурного режиму то він був максимально наближеним до середньомісячних температур. Найбільш сприятливими виявилися гідротермічні умови в 2023 році, середньорічні температурні умови та кількість опадів були максимально наближеними до середньорічних багаторічних показників, що сприяло покращенню процесів росту і розвитку сортів квасолі та підвищенню рівня урожайності в цілому.

Таблиця 3.3

Гідротермічні умови в період проведення досліджень

Місяць	Середньомісячна температура повітря, °С			Опади, мм		
	2023	2024	Сер. баг.	2023	2024	Сер. баг.
Квітень	9,2	9,2	8,0	36	32	49,0
Травень	15,5	11,6	14,0	144	134	53,0
Червень	21,6	20,2	17,0	89	67	73,0
Липень	19,1	20,4	18,0	40	28	88,0
Серпень	20,3	20,4	17,0	9,0	28	69,0
Вересень	15,2	19,0	13,0	28	63	47,0
Квітень – вересень	16,8	16,9	14,5	346	352	379

Гідротермічні умови 2024 року відрізнялися від середніх багаторічних показників. Зокрема, у квітні випала менша кількість опадів порівняно із середньобагаторічними даними на 17 мм. Що стосується травня, то він характеризувався надлишком вологи, кількість опадів склала 134 мм, що більше порівняно із середніми багаторічними показниками на 81 мм, нижча

кількість опадів спостерігалася у червні на 6 мм, як і в липні та серпні на 60 і 41 мм відповідно. Що стосується температурного режиму, то він також значно відрізнявся від середніх багаторічних даних. У квітні спостерігався дещо вищий температурний режим – 9,2 °С, однак значно нижчі температури відмічено в умовах травня – 11,6 °С, це нижче порівняно із багаторічними показниками на 2,4 °С. Що відобразилося на погіршенні процесів росту й розвитку рослин сої. Наступні місяці характеризувалися підвищеним температурним режимом на 3,2 °С у червні, на 2,4 °С у липні та на 3,4 °С у серпні. Отже, за гідротермічним режимом періоду досліджень більш сприятливим за умовами вологозабезпечення та температурами виявився 2023 рік, як в цілому так і в розрізі років досліджень. Умови 2024 року виявилися більш контрастними як за вологозабезпеченням так із температурним режимом, що відобразилося на процесах росту й розвитку рослин квасолі звичайної.

3.3. Методика проведення досліджень

Дослідження проведені впродовж 2018–2024 років на дослідних ділянках Вінницького національного аграрного університету..

Дослід. Формування продуктивності сортів квасолі залежно від інокуляції насіння та удобрення (польовий). Дослід трифакторний (табл. 2.4), чинник А – сорти квасолі звичайної [24], чинник В – норми внесення мінеральних добрив, розраховані балансовим методом на запланований врожай, чинник С – інокуляція насіння. Загальна площа елементарної ділянки – 1,8 м^2, облікової – 1,35 м^2. Повторність досліду чотириразова [25].

Попередник в досліді пшениця озима. Сіяли квасолю із шириною міжрядь 45 см, глибина заробки насіння 4–5 см. Норма висіву 500 тис. шт. схожого насіння на гектар. Для захисту посівів квасолі від бур’янів проводили досходові боронування та застосовували суміш гербіцидів Арамо (1,0 л/га) і Базагран (2,0 л/га) у фазу 2–3 справжніх листків.

Таблиця 3.4

Схема досліду 1

Чинник А: сорт	Чинник В: удобрення, кг/га д.р.	Чинник С: інокуляція насіння
Рось Панна Ассоль	Без добрив (контроль) $N_{15}P_{30}K_{30}$ $N_{30}P_{60}K_{60}$ $N_{90}P_{60}K_{60}$	Без інокуляції (контроль) Інокуляція Роколта, штам *Rhizobium phaseoli*

Мінеральні добрива вносили у вигляді аміачної селітри (34,4 % N), фосфоритного борошна (30 % P), калімагнезії (26–28 % K, 11–18 % Mg); додатково проводили вапнування ґрунтів з розрахунку 3 т/га. Інокуляцію насіння квасолі проводили в день сівби Роколта, який містить в складі симбіотичні азотфіксувальні бактерії роду *Rhizobium phaseoli*.

Для досягнення поставленої мети проводились наступні спостереження, обліки та аналізи:

– фенологічні спостереження за рослинами квасолі проводили за методикою Ф. М. Куперман (1968) та Є. В. Бочкарьової (1979). Початок фаз росту рослин фіксували за настанням їх не менше ніж у 10 % рослин, повна фаза – 75 % і більше відсотків [26, 27];

- висоту рослин вимірювали за настання кожної фази розвитку рослин;
- густоту стояння рослин визначали двічі за вегетацію на фіксованих ділянках: за повної появи сходів та у фазу повної стиглості;
- відбір пробних снопів та визначення структури врожаю здійснювали за методикою державного сортовипробування сільськогосподарських культур (2004) [26];

- облік урожаю проводили методом прямого комбайнування з кожного варіанта;
- економічну оцінку проводили розрахунковим методом із використанням технологічних карт вирощування квасолі;
- дисперсійний та кореляційний аналізи і статистичну оцінку середніх показників проводили за методикою Б. А. Доспєхова (1985) [25];
- отримані дані аналізували за методами математичної статистики на персональному комп'ютері з використанням програмного пакета «Statistica–6» [28].

3.4. Агротехніка вирощування культури в досліді

Попередником для квасолі виступала квасоля, адже згідно до вимог до дослідної ділянки на ній впродовж 2-3 років повинна вирощуватись одна і та ж сама культура для встановлення однорідності ґрунту за вмістом поживних елементів. Лущення стерні проводили трактором МТЗ-80 в агрегаті з БДН-3. Оранка трактором МТЗ-80 з плугом ПЛН-3-35. Ранньовесняне боронування МТЗ-80 в агрегаті з С-11+БЗСС-1. Передпосівну культивацію проводили трактором МТЗ-80 з УСМК 5,4. Сівба насіння сортів квасолі проводилась вручну по чітко відбитих борознах. Для сівби використовувались найбільш виповнені крупні за розміром насінини, без виражених ознак травмованості та ураження хворобами чи пошкодження шкідниками, з кольором насіннєвої оболонки та насіннєвого рубчика, що чітко відповідає сортовим ознакам певного сорту. Напрям сівби був перпендикулярним до довшого боку дослідної ділянки згідно методичних вимог. Сівба всіх досліджуваних сортів та сорту – стандарту була проведена одночасно в один день. Після появи сходів здійснювався огляд дослідних посівів з метою виявлення просівів або загущених рядків. Сходи проріджувались у випадку коли в одній луночці сходили дві рослини, залишали найбільш здорову та сильну рослину, іншу вибраковували з посіву. Серед основних заходів по догляду за рослинами

здійснювалися два міжрядних прополювання. Під час прополювання бур’янів на ділянках проводився їх облік за видовим складом. Розпушення міжрядь та боротьба з бур’янами здійснювалась на високому агротехнічному рівні. Збір врожаю рослин сортів квасолі відбувався почергово, в міру досягнення сортом повної стиглості. Фазу повної стиглості фіксують при побурінні 80 % бобів та скиданні листя з рослини. Рослини кожного сорту скошувались вручну на низькому зрізі стебла, щоб уникнути травмування насіння та зменшити втрати при збиранні, зв’язувались у сніпок. На сніпок кожного сорту окремо помістили етикетку з назвою сорту та датою збирання.

Розділ 4. Результати експериментальних досліджень

4.1.Ефективність симбіотичної діяльності рослин квасолі

Біологічна фіксація атмосферного азоту – одна з найважливіших проблем в області сільськогосподарської біології. Перспективи її рішення тісно пов'язані з такими глобальними питаннями, які постають перед людством, як повноцінне харчування, екологічна та енергетична кризи. Джерелом екологічно чистого та економічно вигідного білка є білок бобових рослин, які в симбіозі з бульбочковими бактеріями (ризобіями) активно фіксують і накопичують азот в ґрунті. Ризобії, будучи найбільш активними азотфіксаторами серед діазотрофів, вступають в складні метаболічні взаємозв'язки з макросимбіонтом-рослиною [29-31].

Продукція, отримана за участю симбіотичні фіксованого азоту, вирізняється високими харчовими і кормовими якостями і є абсолютно нешкідливою для людини і тварин [32-34]. Використання в рослинництві такого агротехнічного прийому, як передпосівна обробка насіння біопрепаратами (інокуляція) з метою підвищення врожайності бобових культур може розглядатися в зв'язку з активністю процесів азотфіксації. Ефективність даного прийому може бути пов'язана з тим, що бульбочкові бактерії продукують рістстимулюючі з'єднання. Функції біологічно активних речовин, як гормонів координаторів, забезпечують рослинам ростову і метаболічну регуляцію, а при правильній агротехніці – високу ефективність бобово-ризобіального симбіозу [35-38].

Фіксація азоту повітря відбувається в бульбочках, тому найбільш чітку оцінку такого факту можна зробити з огляду на розвиток симбіотичного процесу. Встановлено, що інтенсивний ріст бульбочок квасолі досягає максимуму у фазу цвітіння культури і закінчується до фази утворення бобів. Штучна передпосівна інокуляція насіння квасолі сприяє більш активному формуванню жвавих азотфіксувальних бульбочок, ефективний симбіоз

характеризується значною кількістю великих бульбочок рожевого кольору на коренях квасолі. За менш активного симбіозу бульбочки були маленького розміру, білого та жовтуватого кольорів. Накопичення великої маси бульбочок закономірно приводить до підвищення активного симбіотичного потенціалу [39, 40].

Для квасолі звичайної більшою мірою, ніж для інших зернобобових культур, характерне досить незначне бульбочкоутворення за рахунок спонтанного аборигенного інокулювання. Азотфіксувальний потенціал симбіозу квасолі з присутніми у ґрунті ризобіями часто обмежений невисокою азотфіксувальною активністю бактерій [41-44]. У зв'язку з цим, обов'язковим заходом у технології вирощування квасолі повинна бути передпосівна обробка насіння біопрепаратами на основі селекціонованих штамів специфічних ризобій, яка підвищує продуктивність рослин квасолі. Однак, у науковій літературі майже немає даних щодо впливу агрозаходів на діяльність бобово-ризобіального комплексу квасолі. Крім того, потребує уточнення вплив мінерального удобрення та інокуляції на функціонування симбіотичного апарату рослин квасолі звичайної в умовах Закарпаття України.

У процесі наших багаторічних досліджень щодо впливу мінерального живлення на ефективність симбіотичної діяльності з'ясувалось, що в ґрунтово-кліматичних умовах Закарпаття України, доцільне поєднання мінерального азоту з діяльністю бульбочкових бактерій, в результаті передпосівної обробки насіння біопрепаратом Роколта на посівах досліджуваних сортів квасолі звичайної. Внаслідок проведених спостережень встановлено, що покращення умов мінерального живлення за післядії вапнування сприяло кращому розвитку симбіотичного апарату впродовж вегетаційного періоду. Спостереження показали, що досліджувані чинники (сорт, інокуляція, мінеральні добрива) значно впливали на діяльність у ризосфері рослин квасолі бульбочкових бактерій, зокрема на кількість і масу бульбочок на коренях рослин.

За результатами проведених досліджень (табл. 4. 1), можна зробити висновок, що в середньому за три роки на варіантах з удобренням, де не проводили передпосівну інокуляцію насіння на коренях досліджуваних сортів квасолі звичайної Рось, Панна та Ассоль не утворювалися бульбочки і не відбувалася нітрогеназна активність, що вказує на відсутність спонтанної інокуляції квасолі аборигенними штамами.

Таблиця 4.1

Симбіотична діяльність посівів квасолі звичайної у фазу цвітіння (середнє за 2018–2024 рр.)

Варіант досліду	Кількість бульбочок, одиниць/рослину		Біомаса бульбочок, мг/рослину		Нітрогеназна активність, нМоль C_2H_4/росл./год.	
	Застосування передпосівної інокуляції					
	б/і	і	б/і	і	б/і	і
Рось						
Без добрив (контроль)	0	21,0	0	199	0	1880
$N_{15}P_{30}K_{30}$	0	21,7	0	233	0	2032
$N_{30}P_{60}K_{60}$	0	23,0	0	247	0	2192
$N_{90}P_{60}K_{60}$	0	11,3	0	32	0	201
Панна						
Без добрив (контроль)	0	22,3	0	228	0	2049
$N_{15}P_{30}K_{30}$	0	23,4	0	249	0	2159
$N_{30}P_{60}K_{60}$	0	26,4	0	277	0	2342
$N_{90}P_{60}K_{60}$	0	13,2	0	41	0	214
Ассоль						
Без добрив (контроль)	0	25,3	0	240	0	2120
$N_{15}P_{30}K_{30}$	0	28,5	0	242	0	2271
$N_{30}P_{60}K_{60}$	0	29,1	0	275	0	2614
$N_{90}P_{60}K_{60}$	0	11,1	0	47	0	217
$НІР_{0,5}$	2,18		28		8,14	

*Примітки: б/і – насіння без інокуляції; і – інокульоване насіння.

Залежно від сорту, більшу кількість бульбочок на одній рослині (до 26–29 шт. залежно від варіанта досліду) у фазі цвітіння рослин квасолі формували сорти Панна та Ассоль. Найбільша кількість (29,1 шт.) бульбочок

на одній рослині квасолі відмічена у сорту Ассоль на тих ділянках, де перед сівбою проводили інокуляцію Роколта та вносили мінеральні добрива в нормі $N_{30}P_{60}K_{60}$, серед них 22 бульбочки були активними, рожевого кольору, маса бульбочок становила 275 мг/рослину, нітрогеназна активність досягала значення 2614 нМоль C_2H_4/росл./год. На цьому варіанті досліду ($N_{30}P_{60}K_{60}$ + інокуляція Роколта) основні показники симбіотичної діяльності сорту Панна теж сягнули найвищої відмітки, порівняно з іншими варіантами: кількість бульбочок – 26,4 шт./рослину, біомаса бульбочок – 277 мг/рослину та нітрогеназна активність склала 2342 нМоль C_2H_4/росл./год.

У сорту Рось показники симбіотичної діяльності були найнижчими, порівняно з двома іншими сортами. Так, за тих же норм добрив та при застосуванні інокуляції насіння середня за роки проведення досліджень кількість бульбочок становила 23,0 шт./рослину, біомаса бульбочок – 247 мг/рослину та нітрогеназна активність – 2192 нМоль C_2H_4/росл./год відповідно. Варто відмітити, що подальше збільшення добрив до $N_{90}P_{60}K_{60}$ призвело до пригнічення азотфіксації, де бульбочки утворювалися у невеликій кількості (1,6 одиниць/рослину) і нітрогеназна активність знижувалася до 201-217,0 нМоль C_2H_4/росл./год залежно від сорту.

Нами було встановлено, що на формування бульбочок на коренях рослин квасолі та варіювання їх маси безпосередньо впливали гідротермічні умови конкретного року, різні норми мінеральних добрив, а також особливості кожного досліджуваного сорту. Найсприятливішим для розвитку бульбочкових бактерій на кореневій системі квасолі сорту Ассоль виявився теплий з достатньою кількістю опадів 2023 рік, де кількість бульбочок у фазу цвітіння на варіанті удобрення $N_{30}P_{60}K_{60}$ кг/га д. р. на фоні інокуляції насіння досягала 26,7 шт./рослину, а їх маса – 284 мг/рослину. У спекотному і посушливому на початку вегетації квасолі 2018 році кількість бульбочок була дещо нижчою і досягала у фазу цвітіння 24,2 шт./рослину, а їх маса зменшилася до 254 мг/рослину. Спекотний та посушливий 2024 рік виявився найбільш несприятливим, порівняно з двома іншими роками, для

симбіотичної діяльності, де кількість бульбочок в таку ж фазу та за тієї ж норми добрив становила 18,2 шт/рослину, а їх маса лише 202 мг/рослину (табл. 4.2).

Таблиця 4.2

Динаміка формування загальної кількості та маси бульбочок рослинами квасолі в онтогенезі (сорт Рось, варіанти з інокуляцією)

Варіант удобрення	Фаза розвитку рослин							
	третій трійчастий листок		бутонізація		цвітіння		налив бобів	
	1*	2*	1*	2*	1*	2*	1*	2*
2018 рік								
Без добрив (контроль)	3,7	22	16,7	113	22,8	218	12,5	68
$N_{15}P_{30}K_{30}$	4,1	24	17,3	132	23,4	278	13,3	62
$N_{30}P_{60}K_{60}$	4,7	23	18,5	222	24,2	254	14,3	61
$N_{90}P_{60}K_{60}$	2,5	5	4,6	19	12,8	34	6,8	11
2023 рік								
Без добрив (контроль)	5,5	21	18,5	104	23,1	201	12,5	78
$N_{15}P_{30}K_{30}$	6,0	23	19,3	110	24,3	237	15,8	72
$N_{30}P_{60}K_{60}$	7,0	28	20,8	101	26,7	284	17,1	78
$N_{90}P_{60}K_{60}$	3,7	7	5,8	35	14,4	53	8,1	14
2024 рік								
Без добрив (контроль)	2,2	21	13,9	105	17,1	177	6,1	67
$N_{15}P_{30}K_{30}$	2,4	21	14,3	104	17,4	185	7,7	68
$N_{30}P_{60}K_{60}$	2,8	20	15,0	109	18,2	202	8,3	61
$N_{90}P_{60}K_{60}$	1,6	3	2,6	5	6,6	10	4,0	9

*Примітка: 1 – кількість бульбочок, шт./рослину; 2 – маса бульбочок, мг/рослину.

У досліджуваних сортів квасолі звичайної формування бульбочок та нагромадження їх маси відбувалося залежно від фази розвитку рослин. Встановлено, що кількість та маса бульбочок на коренях рослин квасолі впродовж вегетації зростала до фази цвітіння, після чого спостерігалось незначне їхнє зменшення. Так, якщо у фазу третього трійчастого листка на кореневій системі квасолі сорту Рось бульбочок нараховувалось на одну рослину 1,6–7,0 шт. залежно від гідротермічних умов року проведення досліджень, у фазу бутонізації – 2,6–20,8 або на 1,0–12,2 шт. більше, порівняно з попередньою фазою, під час цвітіння – 4,2–26,7 шт./рос., що на 1,6–5,9 шт. більше, ніж у фазу бутонізації, то під час наливу бобів їх залишалось 4–17,1 шт./рос., що на 2,8–64,3 % менше, ніж у фазу цвітіння, що зумовлено біологічними особливостями розвитку рослин квасолі. Також було зафіксовано активне формування бульбочок та наростання їх маси в порядку збільшення норми внесення мінеральних добрив. Зокрема найбільш активна симбіотична діяльність відмічена за удобрення $N_{30}P_{60}K_{60}$ кг/га д. р., де спостерігали максимальні показники кількості та маси бульбочок (рис. 4.1).

Ассоль Рось Панна



Рис. 4.1 – Бульбочки на коренях квасолі звичайної у фазу цвітіння на варіанті інокуляції та удобрення $N_{30}P_{60}K_{60}$

Подальше збільшення норми внесення добрив, зокрема азотних до 90 кг/га д. р., призвело до негативного впливу на азотфіксуючу здатність бобово-ризобіального симбіозу всіх досліджуваних сортів, спричиняючи пригнічення діяльності бульбочок, зменшення їх кількості та маси.

Симбіотична система сортів Панна та Ассоль була дещо ефективнішою, порівняно з сортом Рось. Так, найвищі показники симбіотичної діяльності бульбочок на коренях сорту Панна зафіксовано в 2023 році у фазу цвітіння за удобрення $N_{30}P_{60}K_{60}$ кг/га д. р., кількість бульбочок на цьому варіанті становила 28,7 шт./рослину, їх маса – 291 мг/рослину.

У 2018 році, так як і у сорту Панна, бульбочок сформувалося дещо менше – 25,9 шт./рослину, їх маса становила 275 мг/рослину. А в найнесприятливішому 2024 році кількість бульбочок та їх маса були найменшими, порівняно з іншими роками – 24,6 шт./рослину та 264 мг/рослину відповідно (табл. 4.3).

Збільшення азотних добрив від N_{90} на фоні фосфорно-калійних добрив проявило інгібуючу дію на рівень азотфіксації та знизило кількість бульбочок і, відповідно, їх масу. Проте, різниця між роками досліджень у формуванні кількості та маси бульбочок для даного сорту була менш чутливою. Вочевидь, за рахунок тривалішого періоду вегетації.

Найменш чутливою до гідротермічних умов досліджуваного року виявилась симбіотична система сорту Ассоль, де за сприятливих умов 2023 року основні показники симбіотичної діяльності були дещо вищими, порівняно з іншими досліджуваними сортами.

Так, у фазі цвітіння та за удобрення $N_{30}P_{60}K_{60}$ сформувалося 31,2 шт./рослину масою 284 мг/рослину.

Таблиця 4.3

Динаміка формування кількості та маси бульбочок рослинами квасолі в онтогенезі (сорт Панна, варіанти з інокуляцією)

Варіант удобрення	Фаза розвитку рослин							
	перший трійчастий листок		бутонізація		цвітіння		формування насіння	
	1*	2*	1*	2*	1*	2*	1*	2*
2018 рік								
Без добрив (контроль)	7,7	27	12,0	117	22,8	228	11,2	73
$N_{15}P_{30}K_{30}$	8,5	29	13,1	140	23,6	269	14,0	78
$N_{30}P_{60}K_{60}$	9,9	30	15,2	175	25,9	275	15,2	80
$N_{90}P_{60}K_{60}$	5,3	7	8,2	47	16	47	6,4	28
2023 рік								
Без добрив (контроль)	9,1	23	14,0	152	23,4	229	12,2	78
$N_{15}P_{30}K_{30}$	10,0	22	15,3	182	25,2	242	14,3	82
$N_{30}P_{60}K_{60}$	11,5	28	17,7	194	28,7	291	16,1	85
$N_{90}P_{60}K_{60}$	6,2	4	9,5	43	17,2	54	6,1	24
2024 рік								
Без добрив (контроль)	5,3	20	8,2	123	20,8	220	8,1	70
$N_{15}P_{30}K_{30}$	5,8	27	9,0	142	21,5	236	8,8	74
$N_{30}P_{60}K_{60}$	6,7	28	10,4	187	24,6	264	9,0	71
$N_{90}P_{60}K_{60}$	3,3	2	5,5	12	6,4	21	4,8	17

*Примітки: 1 – кількість бульбочок, шт./рослину; 2 – маса бульбочок, мг/рослину.

У 2018 році їх маса була майже такою ж – 282 мг/рослину при кількості 27,4 шт./рослину, у 2024 році дещо меншою – 255 мг/рослину при кількості 28,7 шт./рослину (табл. 4.4).

Таблиця 4.4

Динаміка формування кількості та маси бульбочок рослинами квасолі в онтогенезі (сорт Ассоль, варіанти з інокуляцією)

Варіант удобрення	Фаза розвитку рослин							
	перший трійчастий листок		бутонізація		цвітіння		формування насіння	
	1*	2*	1*	2*	1*	2*	1*	2*
2018 рік								
Без добрив (контроль)	6,9	22	15,7	131	24,3	251	11,4	75
$N_{15}P_{30}K_{30}$	7,6	24	14,7	150	26,8	276	13,7	80
$N_{30}P_{60}K_{60}$	8,8	29	11,2	153	27,4	282	12,3	86
$N_{90}P_{60}K_{60}$	4,7	5	6,1	39	12,8	59	7,2	13
2023 рік								
Без добрив (контроль)	8,1	23	13,4	152	28,8	269	12,2	81
$N_{15}P_{30}K_{30}$	8,9	21	16,8	183	30,8	283	13,3	84
$N_{30}P_{60}K_{60}$	10,3	26	18,1	195	31,2	284	15,4	86
$N_{90}P_{60}K_{60}$	5,5	6	8,6	43	14,2	65	8,3	18
2024 рік								
Без добрив (контроль)	4,7	21	9,1	113	22,9	211	9,4	73
$N_{15}P_{30}K_{30}$	5,2	23	11,4	112	27,8	232	10,4	77
$N_{30}P_{60}K_{60}$	6,0	26	12,3	122	28,7	255	12,2	79
$N_{90}P_{60}K_{60}$	2,2	2	4,4	11	6,3	18	7,1	10

*Примітки: 1 – кількість бульбочок, шт./рослину; 2 – маса бульбочок, мг/рослину.

Важливим показником активності симбіотичної азотфіксації також є нітрогеназна активність бульбочок (табл. 4.5). У результаті досліджень нами було виявлено, що максимального значення даний показник у досліджуваних сортів досягнув у фазу цвітіння рослин.

Так, у сорту Ассоль найвищу нітрогеназну активність виявлено у 2023 році за удобрення $N_{30}P_{60}K_{60}$, що становила 2987 нМоль C_2H_4/росл./год.

Таблиця 4.5

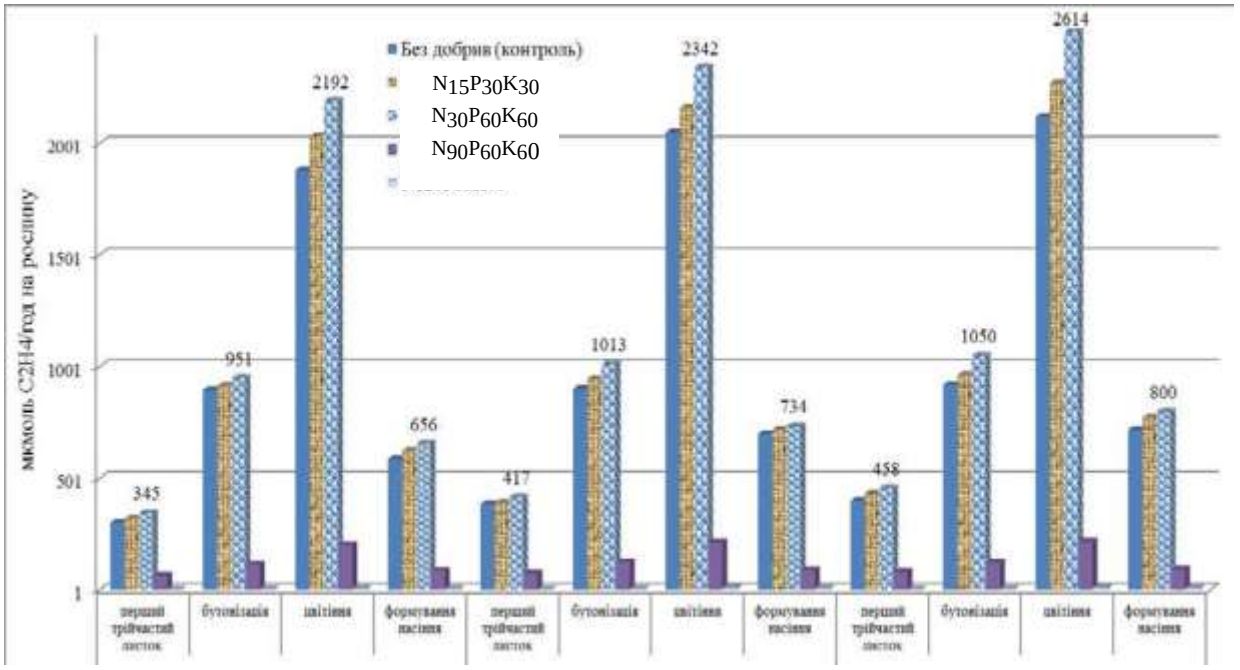
Нітрогеназна активність бульбочок квасолі за різних фаз розвитку рослин, нМоль C_2H_4/рослину за год (варіанти з інокуляцією)

Варіант удобрення	Рік											
	2022				2023				2024			
	Фаза розвитку рослин											
	Перший трійчастий листок	бутонізація	Цвітіння	Формування насіння	Перший трійчастий листок	Бутонізація	Цвітіння	Формування насіння	Перший трійчастий листок	бутонізація	Цвітіння	Формування насіння
Рось												
Без добрив (контроль)	325	959	2006	603	341	942	2153	626	241	788	1482	528
$N_{15}P_{30}K_{30}$	357	980	2116	628	361	944	2294	647	246	820	1687	596
$N_{30}P_{60}K_{60}$	393	1046	2225	656	379	965	2552	706	264	841	1799	606
$N_{90}P_{60}K_{60}$	68	126	201	108	83	133	254	104	43	86	149	48
Панна												
Без добрив (контроль)	399	921	2086	728	447	963	2389	728	311	819	1672	640
$N_{15}P_{30}K_{30}$	409	984	2154	752	446	1003	2509	745	317	848	1813	656
$N_{30}P_{60}K_{60}$	423	1049	2346	756	498	1138	2765	773	331	853	1914	673
$N_{90}P_{60}K_{60}$	75	139	232	111	96	136	257	107	56	99	152	51
Ассоль												
Без добрив (контроль)	426	947	2072	794	438	956	2572	724	336	855	1716	633
$N_{15}P_{30}K_{30}$	453	962	2239	809	480	1066	2579	807	362	864	1994	704
$N_{30}P_{60}K_{60}$	486	1037	2754	854	490	1216	2987	831	398	897	2101	714
$N_{90}P_{60}K_{60}$	84	141	235	114	99	139	260	110	59	92	155	54

У 2022 році цей показник був дещо нижчим – 2754 нМоль C_2H_4/росл./год., порівняно з 2023 роком. Також слід відмітити, що досліджуваний показник симбіотичної діяльності знизився за несприятливих умов 2024 року і становив 2101 нМоль C_2H_4/росл./год. Дещо нижчі результати ми отримали у сорту Панна, порівняно з сортом Ассоль, де впродовж років спостерігалась аналогічна тенденція. Найвищу нітрогеназну

активність у фазу цвітіння за тієї ж норми добрив було виявлено у 2023 році, яка становила 2765 нМоль C_2H_4/росл./год., дещо нижчу – у 2018 році – 2346 нМоль C_2H_4/росл./год. та меншу активність – 1914 нМоль C_2H_4/росл.за год. отримали у 2024 році. Найменші значення даного показника, порівняно з іншими сортами, зафіксовані нами у сорту Рось, який за роками відповідно становив 2552, 2225 та 1799 нМоль C_2H_4/росл.за год.

Симбіотична діяльність посівів квасолі найвищою була у фазу цвітіння за удобрення $N_{60}P_{40}K_{20}$ та інокуляції насіння Роколта. Нітрогеназна активність бульбочок квасолі в середньому за роки проведення досліджень становила 2614 нМоль C_2H_4/год на рослину у сорту Ассоль, 2342 – у сорту Панна та 2192 нМоль C_2H_4/год на рослину у сорту Рось (рис. 4.2).



Рось Панна Ассоль

Рис. 4.2 – Нітрогеназна активність бульбочок квасолі у варіантах з інокуляцією Роколта, нМоль C_2H_4/год на рослину, (середнє за 2018-2024 рр.)

Дослідження симбіотичної діяльності рослин квасолі показало, що передпосівна інокуляція насіння Роколта, який містить в складі симбіотичні азотфіксувальні бактерії роду *Rhizobium phaseoli*, сприяє появі бульбочок, більшій їх кількості, масі та активності нітрогеназної системи. Без проведення передпосівної інокуляції насіння на коренях досліджуваних сортів квасолі звичайної Панна, Ассоль та Рось не утворювалися бульбочки і не відбувалася нітрогеназна активність, що вказує на відсутність спонтанної інокуляції квасолі аборигенними штамами. Збільшення внесення мінеральних добрив, зокрема до 90 кг/га д.р. азотних, пригнічує діяльність бульбочкових бактерій, в результаті чого нітрогеназна активність значно знижується і рослини квасолі переходять на мінеральну форму живлення.

Основні показники активності симбіотичної азотфіксації досягали максимуму в період їх найбільшої фізіологічної активності – початок цвітіння рослин. До цього періоду відбувалося активне формування бульбочок та наростання їхньої маси в усіх досліджуваних сортів, після чого маса почала повільно зменшуватись до повної стиглості рослин. Симбіотична діяльність посівів квасолі найвищою була у фазу цвітіння за удобрення $N_{30}P_{60}K_{60}$ та інокуляції насіння Роколта. Нітрогеназна активність бульбочок квасолі в середньому за роки проведення досліджень становила 2614 нМоль C_2H_4/год на рослину в сорту Ассоль, 2342 – у сорту Панна та 2192 нМоль C_2H_4/год на рослину в сорту Рось.

4.2. Вплив інокуляції та удобрення на структуру врожаю квасолі

Результати, одержані нами, дозволили встановити, що висота прикріплення нижніх бобів змінювалась залежно від сортових особливостей культури та висоти рослин [45-51]. Вищу висоту кріплення нижніх бобів відмічено у сорту Рось, яка в середньому за роки проведення досліджень варіювала від 15,0 (контроль, без добрив та інокуляції) до 15,9

см ($N_{90}P_{60}K_{60}$ + інокуляція насіння Роколта). Дещо нижче висота у сортів Ассоль та Панна – від 14,4 до 15,4 та від 13,5 до 14,5 см відповідно (табл. 4.6).

Збільшення норми внесення добрив до $N_{15}P_{30}K_{30}$ до $N_{90}P_{60}K_{60}$ кг/га д. р., а також застосування передпосівної інокуляції на фоні мінерального удобрення, сприяло збільшенню висоти кріплення нижніх бобів аналогічно збільшенню висоти рослин квасолі в цілому. У середньому за роки досліджень у сорту Рось цей показник досяг найвищого значення при застосуванні інокуляції та за внесення $N_{90}P_{60}K_{60}$ і становив 16,5 см, що 0,2 см більше, ніж у варіанті без інокуляції за тієї ж норми добрив, та на 1,5 см більше за варіант із абсолютним контролем. Аналогічну тенденцію з дещо нижчими результатами зафіксовано у сортів Панна та Ассоль. Відзначено, що безпосередній прямий вплив на даний показник мали погодні умови конкретного року. Зокрема, найвищу висоту кріплення нижніх бобів відмічено у достатньо вологому та теплому 2023 році. Висота кріплення нижніх бобів у сорту Рось становила 16,3–17,2 см, порівняно з дещо нижчим показником у близькому за гідротермічними показниками до багаторічних даних 2018 році – 16,2–17,2 та найнижчим – у спекотному та посушливому 2024 році, коли рослини квасолі мали найкоротший період вегетації та найнижчу висоту рослин – 13,6–14,4 см (табл. 4.7–4.9). У сортів Панна та Ассоль виявлено аналогічну тенденцію зміни показника за роками.

Таблиця 4.6

Структурні елементи врожаю квасолі залежно від удобрення та застосування інокуляції насіння
(середнє значення за 2018–2024 рр.)

Сорт	Варіант удобрення	Висота кріплення нижніх бобів, см		Довжина бобів, см		Кількість бобів на рослині, шт.		Кількість зерен на рослині, шт.		Маса зерна з рослини, г		Маса 1000 насінин, г		Врожайність, т/га	
		проведення передпосівної інокуляції*													
		б/і	І	б/і	і	б/і	І	б/і	І	б/і	і	б/і	і	б/і	і
Рось	Без добрив (контроль)	15,0	15,1	12,1	12,2	19,1	20,2	84,9	87,5	16,4	17,1	193,2	195,8	1,67	1,96
	$N_{15}P_{30}K_{30}$	15,4	15,3	12,3	12,5	19,6	21,1	91,2	92,8	18,1	18,8	198,3	202,3	1,94	2,14
	$N_{30}P_{60}K_{60}$	15,3	15,5	12,7	12,8	20,3	21,8	92,4	94,2	18,6	19,6	201,8	207,6	2,05	2,28
	$N_{90}P_{60}K_{60}$	15,9	15,9	12,8	12,7	20,5	20,4	94,2	92,9	19,3	19,0	205,4	204,3	2,15	2,18
Панна	Без добрив (контроль)	13,5	13,6	14,6	14,9	16,6	17,4	76,0	78,6	15,4	16,1	202,7	204,8	1,90	2,04
	$N_{15}P_{30}K_{30}$	13,8	13,8	15,0	15,1	17,6	19,0	81,8	83,4	17,0	17,7	207,3	211,7	2,13	2,29
	$N_{30}P_{60}K_{60}$	14,0	14,0	14,9	15,1	18,0	19,8	84,4	86,0	17,8	18,5	210,6	215,3	2,24	2,49
	$N_{90}P_{60}K_{60}$	14,5	14,5	15,1	15,2	18,4	18,5	84,9	84,9	18,1	18,0	212,7	212,3	2,37	2,41
Ассоль	Без добрив (контроль)	14,4	14,4	15,2	15,4	20,4	22,1	101,3	104,2	17,6	18,4	173,9	176,2	1,98	2,14
	$N_{15}P_{30}K_{30}$	14,8	14,9	15,6	15,7	25,2	26,5	106,8	108,4	18,9	19,6	177,0	180,4	2,27	2,40
	$N_{30}P_{60}K_{60}$	14,7	14,9	15,6	15,7	26,5	28,6	109,2	112,5	19,6	20,9	179,5	183,9	2,43	2,67
	$N_{90}P_{60}K_{60}$	15,0	15,1	15,6	15,8	27,2	27,2	111,4	111,4	20,3	20,3	182,1	182,0	2,61	2,62
$НІР_{0,5}$		*1,4*		*0,1*		*1,5*		*1,9*		*0,58*		*1,8*		*0,19*	

Таблиця 4.7

Структурні елементи врожаю квасолі залежно від удобрення та інокуляції насіння, 2022 рік

Сорт	Варіант удобрення	Висота кріплення нижніх бобів, см		Довжина бобів, см		Кількість бобів на рослині, шт.		Кількість зерен на рослині, шт.		Маса зерна з рослини, г		Маса 1000 насінин, г		Врожайність, т/га	
		проведення передпосівної інокуляції*													
		б/і	І	б/і	і	б/і	І	б/і	і	б/і	і	б/і	і	б/і	і
Ро	Без добрив (контроль)	16,2	16,2	11,8	12,0	19,6	20,4	84,5	88,2	16,9	17,8	197,5	199,3	1,64	1,84
	$N_{30}P_{20}K_{10}$	16,7	16,8	12,2	12,2	20,0	21,5	90,9	93,0	18,6	19,7	202,2	209,6	2,09	2,23
	$N_{60}P_{40}K_{20}$	16,7	16,9	12,4	12,4	20,8	22,1	92,8	94,8	19,4	20,3	207,2	211,4	2,13	2,41
	$N_{90}P_{60}K_{60}$	16,9	17,1	12,4	12,4	20,8	20,7	95,0	94,0	20,1	19,7	208,8	207,2	2,31	2,29
Панна	Без добрив (контроль)	13,6	13,6	14,0	14,3	16,7	16,8	77,0	80,5	16,4	17,2	209,5	211,3	2,03	2,08
	$N_{15}P_{30}K_{30}$	13,9	14,0	14,4	14,4	18,2	19,8	80,6	82,4	17,5	18,5	214,2	221,6	2,27	2,44
	$N_{30}P_{60}K_{60}$	14,1	14,2	14,4	14,5	18,2	20,8	86,9	88,4	19,3	20,0	219,0	223,4	2,39	2,69
	$N_{90}P_{60}K_{60}$	14,5	14,6	14,5	14,6	18,7	19,1	87,5	87,7	19,5	19,4	219,8	219,2	2,48	2,58
Ассоль	Без добрив (контроль)	14,7	14,7	15,0	15,3	20,8	22,4	100,4	103,8	18,3	19,1	180,1	182,3	2,17	2,29
	$N_{15}P_{30}K_{30}$	15,2	15,3	15,3	15,5	23,5	25,4	105,9	107,3	19,7	20,3	184,3	187,1	2,38	2,51
	$N_{30}P_{60}K_{60}$	15,2	15,4	15,4	15,5	25,4	28,2	111,7	113,4	21,1	22,0	186,7	190,5	2,48	2,74
	$N_{90}P_{60}K_{60}$	15,4	15,6	15,3	15,6	26,6	27,8	113,0	113,3	21,4	21,6	187,8	188,8	2,76	2,70
$НІР_{0,5}$		*1,6*		*0,2*		*1,4*		*1,8*		*0,42*		*1,2*		*0,16*	

*Примітка: б/і – насіння без інокуляції; і – інокульоване насіння.

Таблиця 4.

Структурні елементи врожаю квасолі залежно від удобрення та інокуляції насіння, 2023 рік

Сорт	Варіант удобрення	Висота кріплення нижніх бобів, см		Довжина бобів, см		Кількість бобів на рослині, шт.		Кількість зерен на рослині, шт.		Маса зерна з рослини, г		Маса 1000 насінин, г		Врожайність, т/га	
		проведення передпосівної інокуляції*													
		б/і	І	б/і	і	б/і	І	б/і	і	б/і	І	б/і	і	б/і	і
Рось	Без добрив (контроль)	16,3	16,4	12,9	13,0	19,4	21,0	91,4	94,2	19,1	20,0	211,6	214,3	1,95	2,03
	$N_{15}P_{30}K_{30}$	16,7	16,6	13,1	13,2	20,0	21,9	97,3	98,7	20,9	21,5	217,1	220,5	2,11	2,50
	$N_{30}P_{60}K_{60}$	16,5	16,8	13,5	13,5	21,1	22,9	98,2	99,7	21,5	22,5	220,7	228,2	2,33	2,61
	$N_{90}P_{60}K_{60}$	17,1	17,2	13,7	13,5	21,4	21,2	99,8	97,6	22,4	21,8	226,6	225,2	2,41	2,53
Панна	Без добрив (контроль)	14,8	14,9	16,1	16,3	17,8	18,8	80,5	82,8	17,5	18,2	219,8	222,5	2,25	2,53
	$N_{15}P_{30}K_{30}$	15,1	15,1	16,5	16,6	18,3	19,5	86,2	87,6	19,0	19,6	223,3	226,7	2,43	2,67
	$N_{30}P_{60}K_{60}$	15,2	15,2	16,5	16,7	18,8	19,9	87,0	88,3	19,5	20,5	226,9	234,2	2,61	2,88
	$N_{90}P_{60}K_{60}$	15,7	15,8	16,4	16,7	19,0	18,9	88,1	87,9	20,1	20,2	231,2	232,4	2,85	2,81
Ассоль	Без добрив (контроль)	16,0	16,1	16,2	16,5	20,7	23,3	107,6	110,3	20,3	21,0	190,8	192,5	2,21	2,45
	$N_{15}P_{30}K_{30}$	16,4	16,5	16,7	16,9	27,4	29,2	111,9	114,2	21,5	22,2	194,3	196,7	2,68	2,84
	$N_{30}P_{60}K_{60}$	16,2	16,3	16,9	17,1	28,5	30,5	112,8	117,8	21,9	23,6	195,9	200,2	2,93	3,16
	$N_{90}P_{60}K_{60}$	16,4	16,5	16,8	16,8	28,8	27,3	115,3	115,0	22,6	22,5	198,2	197,4	3,06	3,07
$НІР_{0,5}$		*1,4*		*0,1*		*1,5*		*1,9*		*0,58*		*1,8*		*0,19*	

*Примітка: б/і – насіння без інокуляції; і – інокульоване насіння.

Таблиця 4.9

Структурні елементи врожаю квасолі залежно від удобрення та інокуляції насіння, 2024 рік

Сорт	Варіант удобрення	Висота кріплення нижніх бобів, см		Довжина бобів, См		Кількість бобів на рослині, шт.		Кількість зерен на рослині, шт.		Маса зерна з рослини, г		Маса 1000 насінин, г		Врожайність, т/га	
		проведення передпосівної інокуляції*													
		б/і	і	б/і	і	б/і	І	б/і	і	б/і	І	б/і	і	б/і	і
Рось	Без добрив (контроль)	13,6	13,7	11,7	11,8	18,2	19,3	78,9	80,0	13,3	13,7	170,4	173,8	1,41	1,48
	$N_{15}P_{30}K_{30}$	13,8	13,9	12,0	12,2	18,8	20,1	85,4	86,7	14,8	15,2	175,6	176,9	1,61	1,68
	$N_{30}P_{60}K_{60}$	14,0	14,0	12,3	12,4	19,0	20,4	86,2	88,1	15,1	16,0	177,5	183,1	1,68	1,83
	$N_{90}P_{60}K_{60}$	14,5	14,4	12,4	12,3	19,3	19,4	87,9	87,1	15,7	15,5	180,8	180,4	1,74	1,73
Панна	Без добрив (контроль)	12,2	12,3	13,8	14,0	15,3	16,7	70,6	72,4	12,4	12,9	178,8	180,5	1,42	1,52
	$N_{15}P_{30}K_{30}$	12,5	12,3	14,1	14,3	16,2	17,6	78,5	80,1	14,3	14,8	184,3	186,7	1,68	1,77
	$N_{30}P_{60}K_{60}$	12,7	12,7	14,2	14,4	17,1	18,8	79,4	81,2	14,6	15,1	185,9	188,2	1,71	1,91
	$N_{90}P_{60}K_{60}$	13,2	13,1	14,4	14,2	17,4	17,6	79,1	79,2	14,6	14,5	187,2	185,4	1,79	1,84
Ассоль	Без добрив (контроль)	12,6	12,5	14,3	14,4	19,6	20,6	95,8	98,4	14,3	15,0	150,7	153,8	1,57	1,67
	$N_{15}P_{30}K_{30}$	12,9	13,0	14,7	14,8	24,6	24,9	102,5	103,6	15,5	16,1	152,5	157,3	1,75	1,85
	$N_{30}P_{60}K_{60}$	12,7	12,9	14,8	14,9	25,6	27,1	103,2	106,3	15,9	17,1	156,1	161,2	1,89	2,12
	$N_{90}P_{60}K_{60}$	13,1	13,3	14,7	15,0	26,3	26,6	105,8	106,0	16,8	16,7	160,3	159,7	2,02	2,08
$НІР_{0,5}$		*0,8*		*0,1*		*1,2*		*1,3*		*0,45*		*2,1*		*0,20*	

*Примітка: б/і – насіння без інокуляції; і – інокульоване насіння.

Довжина бобів квасолі – переважно сортова ознака, яка варіювала залежно від чинників, що були поставлені на вивчення (норми мінеральних добрив та інокуляція Роколта) та залежала від гідротермічних умов року проведення досліджень. Так, найменшу довжину бобів у середньому за роки проведення досліджень формував сорт Рось – 12,1–12,8 см залежно від норми мінеральних добрив та інокуляції. Дещо довші боби мали сорти Панна та Ассоль – 14,6–15,2 та 15,2–15,8 см залежно від норми мінеральних добрив та інокуляції. Зважаючи на погодні умови, що склалися на період вегетації культури, найкоротші боби сорти квасолі формували у спекотному та посушливому 2024 році, найдовші – у теплому та зволоженому 2023 році.

Кількість бобів на рослині – важливий елемент структури врожаю, що зумовлює продуктивність рослини і приймає участь у формуванні врожаю. У процесі проведення досліджень встановлено, що максимальну кількість бобів з рослини було отримано в сприятливому для росту й розвитку квасолі, теплому з достатньою кількістю опадів році 2023 році (див. табл. 3.8). Найвищий показник у даному році відмічено у сорту Ассоль, що залежно від досліджуваних чинників варіював від 20,7 до 30,5 шт., у сортів Рось та Панна дещо нижчий – відповідно від 19,4 до 22,9 та від 17,8 до 19,9 шт. Меншу кількість бобів з рослини у сортів квасолі Ассоль, Рось та Панна зафіксовано у не менш сприятливому за гідротермічними умовами 2018 році – відповідно від 20,8 до 28,2, від 19,6 до 22,1 та від 16,7 до 20,8 шт. (див. табл. 3.7). Найнижчий даний показник у досліджуваних сортів виявлено в спекотному та посушливому 2024 році, який варіював відповідно 19,6 до 27,1, від 18,2 до 20,4 та від 15,3 до 18,8 шт. (див. табл. 3.9).

Встановлено, що досліджувані чинники впливали на кількість бобів на рослині квасолі. Так, внесення мінеральних добрив сприяло збільшенню цього показника. У варіантах, які не передбачали інокуляцію насіння, його величина у сорту Ассоль в середньому за роки дослідження збільшувалась відповідно зі збільшенням норми мінеральних добрив – на 23,5 % за внесення $N_{15}P_{30}K_{30}$, на 29,9 % – за внесення $N_{30}P_{60}K_{60}$, на 33,3 % – за внесення $N_{90}P_{60}K_{60}$

та 20,6 %.

Застосування у технології вирощування інокуляції насіння сприяло збільшенню кількості бобів на рослинах квасолі від 1,3 до 8,3 % залежно від рівня мінерального удобрення, порівняно до варіантів, де не передбачали проведення цього агрозаходу. Збільшення в нормі внесених добрив азотних до 30 кг/га д. р. на фоні $P_{60}K_{60}$, а також застосування передпосівної інокуляції на фоні мінерального удобрення, сприяло збільшенню кількості бобів на рослині. У середньому за роки досліджень у сорту Ассоль цей показник досяг найвищого значення при застосуванні інокуляції та за внесення $N_{30}P_{60}K_{60}$ і становив 28,6 шт., що на 2,4 шт. більше, ніж у варіанті без інокуляції за тієї ж норми добрив, та на 8,2 шт. більше за варіант із абсолютним контролем. Аналогічну тенденцію з дещо нижчими результатами відмічено у сортів Панна та Рось. Подальше збільшення норм азотних добрив у варіантах із проведенням інокуляції насіння спричинило зменшення кількості бобів на рослині у сортів квасолі. Так, підвищення норми добрив до $N_{90}P_{60}K_{60}$ створювало сприятливі умови мінерального живлення для рослин квасолі. Однак, така доза спричиняла істотне зниження кількості та маси бульбочок на коренях рослин квасолі і, відповідно, пригнічувала процес азотфіксації, значно зменшуючи частку бактеріальної складової у живленні культури.

Природних втрат та травмування насіння, формування показника кількості насінин на рослині відбувалося аналогічно до кількості бобів на рослині (див. табл. 3.7–3.9). Застосування мінеральних добрив позитивно вплинуло на показник кількості зерен з рослини. Внесення $N_{15}P_{30}K_{30}$ сприяло його збільшенню, порівняно до контрольного варіанта, в сорту Ассоль на 5,4 %, $N_{30}P_{60}K_{60}$ – на 7,8 %, $N_{90}P_{60}K_{60}$ – 10,0 %. Застосування інокуляції насіння Роколта сприяло збільшенню кількості зерен на рослині на 0,4–2,6 шт. у сорту Рось, на 0,6–2,6 – у сорту Панна та на 0,2–3,3 шт. у сорту Ассоль залежно від варіанта удобрення. Проте, збільшення норми внесення мінеральних добрив, зокрема азотних до 90 кг/га д. р., нівелювало вплив інокуляції на формування даного показника.

Погодні умови конкретного досліджуваного року безпосередньо впливали на масу 1000 насінин. Зокрема, найбільш сприятливим для формування маси 1000 насінин виявився помірно спекотний та достатньо зволожений 2023 рік (див. табл. 3.8), де у сорту Панна даний показник варіював від 219,8 (варіант абсолютного контролю) до 234,2 г (варіант з інокуляцією та внесенням $N_{60}P_{30}K_{30}$), у сорту Рось – від 211,6 до 228,2 г, у сорту Ассоль – від 190,8 до 202,2 г відповідно. У теплому зі значною кількістю опадів 2018 році даний показник був дещо нижчим, порівняно з попереднім роком, і у сорту Панна варіював залежно від досліджуваних чинників від 209,5 до 223,4 г, у сорту Рось – від 197,5 до 211,4 г, у сорту Ассоль – від 180,1 до 190,5 г відповідно (див. табл. 3.7). Найнижчу масу 1000 насінин виявлено у спекотному та посушливому 2024 році, де даний показник був значно нижчим, порівняно з характерним за особливостями для кожного сорту показником (див. табл. 3.9). У сорту квасолі звичайної Панна – варіював від 178,8 до 188,2 г, у сорту Рось – від 170,4 до 183,1 г, у сорту Ассоль – від 150,7 до 161,2 г відповідно.

Маса 1000 насінин значно різнилася за біологічними особливостями кожного конкретного сорту. Згідно характеристики досліджуваних сортів, даний показник у сорту Ассоль був нижчим в досліді та в середньому становив 173,9–183,9 г, у сорту Рось формувалося крупніше насіння і маса 1000 насінин становила відповідно 193,2–207,6 г, тоді як у сорту Панна маса 1000 насінин виявилася найбільшою і варіювала в межах 202,7–215,3 г залежно від удобрення та інокуляції. Застосування інокуляції насіння Роколта і збільшення мінеральних добрив до певної межі в середньому за роки досліджень позитивно впливали на масу 1000 насінин досліджуваних сортів. Маса 1000 насінин – це показник, який різниться за характерними особливостями кожного конкретного сорту [51-53]. Максимальну відмітку цього показника виявлено у сорту Панна за передпосівної інокуляції та збільшення внесених добрив до $N_{30}P_{60}K_{60}$ кг/га д.р., що становила 215,3 г, порівняно з 210,6 г у варіанті без інокуляції, за тих же норм добрив та з 202,7

г у варіанті з абсолютним контролем. Таку ж тенденцію з дещо нижчою масою 1000 насінин зафіксовано у сортів Рось та Ассоль. Подальше збільшення внесення мінеральних добрив, зокрема азотних до 90 кг/га д.р., сприяло зниженню даного показника у варіантах із проведенням інокуляції, так і без неї.

Вищеописані елементи структури врожаю визначають індивідуальну продуктивність рослин квасолі, тобто масу зерна з рослини [54, 55]. Тому цілком зрозуміло, що досліджувані чинники впливали на останню, змінюючи її тим чи іншим чином. Вплив мінеральних добрив на формування маси зерна з рослини спостерігали в усіх варіантах досліду (див. табл. 3.6). Внесення $N_{30}P_{20}K_{10}$ забезпечило збільшення величини цього показника порівняно до контролю у сорту Ассоль на 6,5–7,4 %, $N_{30}P_{60}K_{60}$ – на 11,4–13,6, $N_{90}P_{60}K_{60}$ – на 10,3–15,3 % залежно інокуляції насіння. У сортів Панна та Рось відмічено аналогічну тенденцію. Найкращі умови для формування індивідуальної продуктивності рослин забезпечувало внесення мінеральних добрив у нормі $N_{30}P_{60}K_{60}$ на фоні допосівної інокуляції насіння Роколта або внесення $N_{90}P_{60}K_{60}$ без інокуляції. За такої системи удобрення рослини формували масу зерна на рівні від 18,5 до 20,9 та від 18,1 до 20,3 г залежно від сорту, що на 15,3–20,1 % перевищувало показники абсолютного контролю. Варто зауважити, що введення у технологію вирощування квасолі допосівної інокуляції насіння Роколта сприяло збільшенню маси зерна з рослини, порівняно до неінокульованих варіантів, на 0,1–1,3 г/рослину залежно від сорту та норми внесення мінеральних добрив.

Необхідно відзначити, що погодні умови 2024 року неповною мірою відповідали вимогам квасолі до умов вирощування, що позначилось на формуванні елементів структури врожаю та урожайності в цілому. Залежно від досліджуваних чинників, вона варіювала від 1,41 (сорт Рось, абсолютний контроль) до 2,12 т/га (сорт Ассоль, $N_{60}P_{40}K_{20}$ + інокуляція). У 2023 році під час вегетації культури гідротермічний режим сприяв максимальній реалізації генетичного потенціалу рослин квасолі, що дало змогу отримати врожайність

зерна на рівні від 1,95 (сорт Рось, абсолютний контроль) до 3,16 т/га (сорт Ассоль, $N_{30}P_{60}K_{60}$ + інокуляція). Загалом, у 2018 році склались сприятливі погодні умови для росту й розвитку культури, що позначилось і на показнику врожайності, яка коливались у межах від 1,64 до 2,74 т/га залежно від сорту, удобрення та інокуляції (див. табл. 3.7–3.9).

Підсумовуючи одержані результати слід відмітити, що елементи структури врожаю сортів квасолі Рось, Панна та Ассоль в середньому за роки проведення досліджень залежали від сортових особливостей (див. табл. 3.6). Сорт квасолі Рось характеризується вищою висотою кріплення бобів, найменшою в досліді довжиною бобів, середньою кількістю бобів та зерен на рослині, масою 1000 насінин. Тому в наших дослідженнях він формував середню індивідуальну продуктивність рослини, з урахуванням найнижчого виживання рослин за вегетацію і, відповідно, густоти стояння рослин на час збирання – найнижчої в досліді врожайності, в межах від 1,67 до 2,28 т/га залежно від норми мінеральних добрив та інокуляції.

Вищу врожайність (1,9–2,49 т/га) формував сорт квасолі Панна за рахунок найбільшої маси 1000 насінини та густоти стояння рослин на час збирання. Сорт квасолі Ассоль в наших дослідженнях характеризувався найвищою врожайністю – 1,98–2,67 т/га залежно від норми мінеральних добрив та інокуляції за рахунок формування більшої кількості бобів та зерна на рослині, маси зерна з рослини.

Розглядаючи в комплексі ознаки (елементи) продуктивності та їх вплив на урожайність квасолі, слід відмітити, що висота прикріплення нижніх бобів мало впливає на останні, кореляція з елементами структури врожаю знаходиться в межах r = 0,007–0,211. Довжина бобів опосередковано впливала на кількість зерна з рослини, коефіцієнт кореляції становив 0,452. Кількість бобів на рослині значно визначала кількість зерен з рослини (r = 0,970) та масу зерна з рослини (r = 0,728). У тісній взаємозалежності знаходилися кількість зерен на рослині та їх маса, пряма кореляція при цьому становила 0,762. Врожайність культури значною мірою залежала від

кількості бобів на рослинах (r = 0,508), кількості насінин на рослині (r = 0,487), проте кореляція з довжиною бобів була досить слабкою (r = 0,128). Визначальним в урожайності, про що свідчить коефіцієнт кореляції між ними, є маса насіння з рослини (r = 0,693). Проте, корективи в цей показник часто вносить густота рослин, які збереглися до збирання. Помилку цього коефіцієнта визначає те, що його дослідники пов'язують з такими поняттями, як «реалізація генотипу в даних умовах», «взаємодія генотипу і середовища». Слід також зауважити, існує позитивний зв'язок урожайності з масою 1000 насінин (r = 0,472).

Розділ 5. Економічна оцінка ефективність технологічних прийомів вирощування квасолі

Високоефективне та раціональне використання землі, тобто стабільне нарощування виробництва продукції рослинництва є одним з важливих завдань аграрного виробництва. В умовах ринкових відносин економіко-енергетична ефективність вирощування сільськогосподарських культур набуває першочергового значення як один з найважливіших чинників їх конкурентоспроможності [46]. Добір економічних варіантів технології, які забезпечують окупність затрачених ресурсів з максимальною ефективністю, необхідно розробляти на основі оцінки результатів досліджень та всебічного аналізу елементів технологічного процесу. Це забезпечить зменшення обсягів виробництва продукції, покращення її якості та зниження виробничих витрат [46]. Для обґрунтування найбільш оптимального поєднання агрозаходів, що взяті нами на вивчення, було визначено економічну ефективність удобрення квасолі. Загальні норми виробітку, ціни на ручні та механізовані роботи приймали відповідно до рекомендованих нормативів для виробництва. Розрахунки економічної ефективності удобрення квасолі здійснювали за цінами, які сформувались на кінець 2018-2024 років. Таким чином, за результатами наших досліджень ми визначали показники економічної, ефективності запропонованих елементів технології вирощування квасолі, що були поставлені на вивчення. При розрахунку економічної ефективності вирощування сільськогосподарських культур, зокрема квасолі, рекомендується використовувати такі показники: врожайність насіння, приріст врожаю, тобто ті, що формують ціну реалізації; виробничі витрати – ті, що формують собівартість продукції. Отримані результати в досліді з вивчення впливу різних норм мінеральних добрив та проведення передпосівної інокуляції свідчать, що за вирощування досліджуваних сортів квасолі на абсолютному контролі вартість виробничих

витрат на 1 га становила для сорту Рось − 9500 грн, Панна та Ассоль – дещо більше за рахунок вищої вартості посівного матеріалу – 10500 грн; собівартість одної т насіння відповідно становила – 5689, 5526 та 5303 грн/т. Показник умовно чистого прибутку варіював залежно від особливостей досліджуваних сортів та чинників, що були поставлені на вивчення і на варіантах без удобрення та інокуляції становив для сорту Рось − 18556 грн, Панна – 21420 та Ассоль – 22764 грн з рівнем рентабельності відповідно – 195, 204 та 217 %. Суттєвий прибуток навіть за найнижчої в досліді врожайності сортів квасолі зумовлений високою вартістю товарної продукції, яка в 2018 році становила 16800 грн/т.

На ділянках досліду без внесення добрив та за умов проведення інокуляції Роколта відповідні показники були дещо вищими, за винятком показника собівартості, який знизився у сорту Рось до 5041 грн/т, Панна – 5333 та Ассоль – до 5084 грн/т насіння. Це пояснюється окупністю додаткових витрат на проведення інокуляції отриманими приростами врожаю насіння квасолі. Умовно чистий прибуток на цих варіантах збільшився у сорту Рось до 23048 грн, Панна – 23392 та Ассоль – до 25072 грн відповідно. Рівень рентабельності за даних умов становив відповідно 233 %, 215 та 230 %.

Зі збільшенням норм удобрення спостерігалася зміна показників, що характеризують економічну ефективність, але не завжди в сторону збільшення, порівняно з контрольними варіантами, оскільки дані показники залежали від приросту врожаю та додаткових затрат на мінеральні добрива у всіх досліджуваних сортів. Проте, можна стверджувати, що умовно чистий прибуток та рівень рентабельності був вищий на варіантах із проведенням інокуляції насіння, ніж на варіантах з такими ж нормами добрив, але без інокуляції насіння (табл. 5.1).

Таблиця 5.1

Економічна ефективність технологій вирощування квасолі із застосуванням розроблених елементів технології в розрахунку на 1 га (середнє за 2018–2024 рр.)

Показники	Варіант удобрення та інокуляції насіння							
	Без інокуляції				Інокуляція Роколта			
	Без добрив (контроль	$N_{15}P_{30}K_{30}$	$N_{30}P_{60}K_{60}$	$N_{90}P_{60}K_{60}$	Без добрив (контроль	$N_{15}P_{30}K_{30}$	$N_{30}P_{60}K_{60}$	$N_{90}P_{60}K_{60}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Рось								
Урожайність, т/га	1,67	1,94	2,05	2,15	1,96	2,14	2,28	2,18
Вартість вирощеної продукції, грн/га	28056	32592	34440	36120	32928	35952	38304	36624
Виробничі витрати на 1 га, грн	9500	11520	12260	12450	9880	11850	11645	12760
Собівартість 1 т, грн	5689	5938	5980	5791	5041	5537	5107	5853
Умовно чистий прибуток, грн/га	18556	21072	22180	23670	23048	24102	26659	23864
Рівень рентабельності, %	195	183	181	190	233	203	229	187
Панна								
Урожайність, т/га	1,9	2,13	2,24	2,37	2,04	2,29	2,49	2,41
Вартість вирощеної продукції, грн/га	31920	35784	37632	39816	34272	38472	41832	40488
Виробничі витрати на 1 га, грн	10500	12520	13260	13450	10880	12850	12645	13760
Собівартість 1 т, грн	5526	5878	5920	5675	5333	5611	5078	5710
Умовно чистий прибуток, грн/га	21420	23264	24372	26366	23392	25622	29187	26728
Рівень рентабельності, %	204	186	184	196	215	199	231	194

57

продовження табл. 5.1								
Ассоль								
Урожайність, т/га	1,98	2,27	2,43	2,61	2,14	2,40	2,67	2,62
Вартість вирощеної продукції, грн/га	33264	38136	40824	43848	35952	40320	44856	44016
Виробничі витрати на 1 га, грн	10500	12520	13260	13450	10880	12850	12645	13760
Собівартість 1 т, грн	5303	5515	5457	5153	5084	5354	4736	5252
Умовно чистий прибуток, грн/га	22764	25616	27564	30398	25072	27470	32211	30256
Рівень рентабельності, %	217	205	208	226	230	214	255	220

Зі збільшенням норм добрив спостерігалася зміна показників, що характеризують економічну ефективність, але не завжди в сторону збільшення, порівняно з контрольними варіантами, оскільки дані показники залежали від приросту врожаю та додаткових затрат на мінеральні добрива у всіх досліджуваних сортів. За збільшення норми внесення мінеральних добрив, як за інокуляції, так і без її проведення, рівень рентабельності знижується за рахунок зростання витрат. Проте, можна стверджувати, що умовно чистий прибуток та рівень рентабельності був вищий на варіантах із проведенням інокуляції насіння, ніж на варіантах з такими ж нормами добрив, але без інокуляції насіння. Так, найвищий умовно чистий прибуток було отримано за вирощування сортів квасолі Рось, Панна та Ассоль за технологією із проведенням інокуляції насіння Роколта та внесенням мінеральних добрив у нормі $N_{30}P_{60}K_{60}$ − 26659 грн, 29187 та 32211 грн відповідно. На варіантах досліду, де сорти квасолі вирощували без проведення інокуляції Роколта, найвищий умовно чистий прибуток було отримано за внесення вищої норми мінеральних добрив ($N_{90}P_{60}K_{60}$): 23670 грн у сорту Рось, 26366 грн у сорту Панна та 30398 грн у сорту Ассоль. Подальше збільшення норм внесення добрив до $N_{90}P_{60}K_{60}$ призвело до підвищення собівартості продукції, але через те, що врожайність на цих варіантах, як із проведенням інокуляції насіння, так і без неї, знизилася, то і умовно чистий прибуток та рентабельність також були нижчими за контрольні варіанти та варіанти з низькими та середніми нормами добрив.

Таким чином, для отримання найбільшого прибутку від вирощування квасолі звичайної найбільш економічно вигідним є вирощування сортів Панна та Ассоль за технологією із проведенням інокуляції насіння Роколта та внесенням мінеральних добрив у нормі $N_{30}P_{60}K_{60}$.

РОЗДІЛ 6
ОРГАНІЗАЦІЯ УМОВ ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА УМОВ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ПРИ ВИРОЩУВАННІ Й СЕЛЕКЦІЙНИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ З КВАСОЛЕЮ

6.1 ОРГАНІЗАЦІЯ УМОВ ОХОРОНИ ПРАЦІ

Найбільш трудомістким та потенційно травмонебезпечним процесом є збирання культури. За статистикою 95% виробничого травматизму посідає період збирання. Основними видами травм у цей період є травми, отримані внаслідок наїзду транспортних засобів на працівників, обмеження кінцівок механізмами, падіння з кузова транспортних засобів та тракторів, захворювання опорно-рухового та дихального апарату у зв'язку з низькими температурами атмосфери, забруднення органів зору землею.

Для недопущення травматизму та нещасних випадків на виробництві необхідно раціонально організувати технологічну ланцюжок, розділити небезпечні процеси та зону знаходження персоналу, забезпечити працівників засобами індивідуального захисту. Типові правила охорони праці наводяться у додатку 5.

Рівень охорони праці АПП мало високий, свідченням чому є виробничий травматизм і професійні захворювання, питому вагу яких поки що досить високий. Тому так важливим є вирішення проблем охорони праці працівників АПД. Важливо звернути увагу на проблему охорони праці молоді, що навчається аграрним спеціальностям. Цілком обґрунтованим є підвищення ролі системи освіти у вирішенні питань збереження та зміцнення здоров'я, які навчаються аграрним спеціальностям, з урахуванням того, що молодь, що навчається, повинна розглядатися як професійно-виробнича група населення. Тому необхідно розглянути всі фактори, які негативно впливають на організм учнів під час навчально-виробничого процесу, як побутові (зокрема, спосіб життя), так і виробничі.

Для забезпечення безпечних умов праці на робочих місцях для працівників, зайнятих збиранням врожаю картоплі, з боку роботодавця мають бути виконані наступні організаційні заходи з охорони праці:

1. Підготовка обладнання та працівників до збиральної техніки Напередодні проведення масових польових збиральних робіт сільськогосподарська техніка, причіпне та навісне обладнання мають бути підготовлені до збиральних робіт, а саме пройти в установленому законодавством порядку державний технічний огляд в інспекції державного технічного нагляду з отриманням відповідних актів про допуск сільськогосподарської техніки до експлуатації. Та сільськогосподарська техніка та агрегати, які не підлягають реєстрації у держтехнагляді, мають бути оглянуті на предмет справності посадовими особами організації, призначеними відповідальними за справний технічний стан цієї техніки, і лише після цього допущені до експлуатації.

2. Персонал, який працює на автотракторній техніці, насамперед повинен мати відповідну кваліфікацію та документи, що підтверджують право на її керування, а також пройти інструктаж на робочому місці, стажування з питань охорони праці та перевірку знань з питань охорони праці.

Оскільки, як показує практика, при збиранні злакових культур наймач допускає працівників на роботу на іншій сільськогосподарській техніці (наприклад, пересаджує працівника з трактора типу МТЗ на комбайн). З такими працівниками відповідно до вимог законодавства та у зв'язку зі зміною технологічного процесу та марки устаткування, що експлуатується, перед допуском їх до роботи необхідно провести позаплановий інструктаж з охорони праці.

6.2. ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНОЇ НЕБЕЗПЕКИ ТА ВИМОГИ ЩОДО ВИРОЩУВАННЯ КВАСОЛІ

Однією з актуальних проблем людства в третьому тисячолітті є забезпечення населення продовольством. Вирішення цієї проблеми було і залишається найважливішим завданням сільськогосподарського виробництва, яке повинно мати пріоритет серед усіх інших галузей.

Особливістю сільськогосподарського виробництва є його залежність від природного середовища - біогенезу, що є складною системою

взаємопов'язаних явищ атмосфери, геологічних, гідролітичних ґрунтових умов, рослинного та тваринного світу.

Природа - самоврядна збалансована екологічна система, у процесі землекористування людина порушує століттями встановлену рівновагу.

У гонитві за збільшенням валових зборів сільськогосподарської продукції при екстенсивних методах ведення землеробства розорано великі території, знищено цілі масиви лісів та природної трав'янистої рослинності, що призвело до порушення закономірностей в обміні речовин у природі, як наслідок, зміни кліматичних, гідролітичних умов, дисбалансу органічних речовин у ґрунті.

Подальша інтенсифікація сільського господарства не забезпечила підвищення продуктивності ріллі, виявилася вкрай витратною, призвела до різкого зростання антропогенного навантаження на навколишнє середовище та викликала такі негативні явища, як ерозія, дефляція, засолення, закислення та переущільнення ґрунтів.

За даними ЮНЕСКО та ФАО загальні втрати продуктивних земель від ерозії та деградації становлять 6.7 млн.га, а втрати родючого шару - 24 млн.т щорічно. Ерозія забирає з полів у 60 разів більше елементів живлення рослин, ніж надходить з добривами. В Україні понад 2/3 площі ріллі схильна до водної та вітрової ерозії. Середньорічний змив ґрунту з зябу становить - 2-7 т/га. Більше 30% орних угідь є кислими. Обсяги вапнування - найбільш ефективного агрозаходу на кислих ґрунтах різко скоротилися. За останнє десятиліття в 4 рази скоротилася кількість органічних добрив.

Усе це вказує на екологічну незбалансованість вирощування сільськогосподарських культур при застосуванні традиційних систем землеробства, а екологічна та економічна обстановка, що склалася, викликає необхідність перегляду принципових положень у землекористуванні та розробку систем землеробства нового покоління на ландшафтній основі, що забезпечують стійкість агроекосистем. Тому вивчення взаємозв'язків природних екосистем, стійкого функціонування агроланшафтів та антропогенного впливу є актуальною проблемою.

Сучасний розвиток світового сільського господарства пов'язаний з

біосферною парадигмою природокористування, що передбачає пріоритет збереження екологічних функцій ґрунтів та ландшафтів (екологізація). Подальший розвиток сучасного агробізнесу можливий за рахунок технологічної модернізації через систему біологізації інтенсифікаційних процесів у сучасному землеробстві – підбір високоадаптивних сортів є одним з основних елементів біологізації та інтенсифікації технології одночасно.

Світове землеробство та агротехнології останніх десятиліть зазнали кількох революційних етапів: вирощування високоінтенсивних сортів, освоєння інтенсивних технологій, генна інженерія, інформаційні технології.

Техногенна інтенсифікація землеробства, заснована на масовому використанні засобів хімізації (добрива та пестициди), дозволила підвищити врожайність агрокультур та дещо стабілізувати родючість ґрунту, проте окупність ресурсів, що вкладаються в агротехнології, енергетична та економічна ефективність виробництва стали суттєво знижуватися. Висока інтенсифікація призвела до екологічних проблем, що викликало протест громадськості та бурхливі дискусії, в яких протиставлялися дві позиції: перша – повна відмова від хімізації; друга - подальша інтенсифікація шляхом створення наукомістких точних технологій із мінімальними екологічними ризиками.

Висновки

1. Дослідження симбіотичної діяльності рослин квасолі показало, що передпосівна інокуляція насіння Роколта, який містить в складі симбіотичні азотфіксувальні бактерії роду *Rhizobium phaseoli*, сприяє появі бульбочок, більшій їх кількості, масі та активності нітрогеназної системи. Без проведення передпосівної інокуляції насіння на коренях досліджуваних сортів квасолі звичайної Панна, Ассоль та Рось не утворювалися бульбочки і не відбувалася нітрогеназна активність, що вказує на відсутність спонтанної інокуляції квасолі аборигенними штамами. Збільшення внесення мінеральних добрив, зокрема до 90 кг/га д.р. азотних, пригнічує діяльність бульбочкових бактерій, в результаті чого нітрогеназна активність знижується і рослини квасолі переходять на мінеральну форму живлення.

2. Основні показники активності симбіотичної азотфіксації досягали максимуму в період їх найбільшої фізіологічної активності – початок цвітіння рослин. До цього періоду відбувалося активне формування бульбочок та наростання їхньої маси в усіх досліджуваних сортів, після чого маса почала повільно зменшуватись до повної стиглості рослин. Симбіотична діяльність посівів квасолі найвищою була у фазу цвітіння за удобрення $N_{30}P_{60}K_{60}$ та інокуляції насіння Роколта. Нітрогеназна активність бульбочок квасолі в середньому за роки проведення досліджень становила 2614 нМоль C_2H_4/год на рослину в сорту Ассоль, 2342 – у сорту Панна та 2192 нМоль C_2H_4/год на рослину в сорту Рось.

3. Формування найбільшої кількості активних бульбочок на коренях квасолі сорту Рось – 23,0, Панна та Ассоль – 26,4 та 29,1 штук на одній рослині відмічено у фазу цвітіння за удобрення $N_{30}P_{60}K_{60}$ та інокуляції насіння Роколта. На цих ділянках досліду отримано найкращі показники біомаси бульбочок: 247 мг/рослину в сорту Рось, 277 та 275 мг/рослину в сортів Панна і Ассоль та нітрогеназної активності

бульбочок, яка у фазу цвітіння досягає максимальних значень: 2614 нМоль C_2H_4/год на рослину в сорту Ассоль, 2342 – у сорту Панна та 2192 нМоль C_2H_4/год на рослину в сорту Рось.

4. Максимальну кількість бобів з рослини було отримано в сприятливому для росту й розвитку квасолі, теплому з достатньою кількістю опадів році 2023 році. Найвищий показник у даному році відмічено у сорту Ассоль, що залежно від досліджуваних чинників варіював від 20,7 до 30,5 шт., у сортів Рось та Панна дещо нижчий – відповідно від 19,4 до 22,9 та від 17,8 до 19,9 шт. Меншу кількість бобів з рослини у сортів квасолі Ассоль, Рось та Панна зафіксовано у не менш сприятливому за гідротермічними умовами 2018 році – відповідно від 20,8 до 28,2, від 19,6 до 22,1 та від 16,4 до 20,8 шт. Найнижчий даний показник у досліджуваних сортів виявлено в спекотному та посушливому 2024 році, який варіював відповідно 19,6 до 27,1, від 18,2 до 20,4 та від 15,3 до 18,8 шт.

5. Вищу врожайність (1,9–2,49 т/га) формував сорт квасолі Панна за рахунок найбільшої маси 1000 насінини та густоти стояння рослин на час збирання. Сорт квасолі Ассоль в наших дослідженнях характеризувався найвищою врожайністю – 1,98–2,67 т/га залежно від норми мінеральних добрив та інокуляції за рахунок формування більшої кількості бобів та зерна на рослині, маси зерна з рослини.

6. Найвищий умовно чистий прибуток було отримано за вирощування сортів квасолі Рось, Панна та Ассоль за технологією із проведенням інокуляції насіння Роколта та внесенням мінеральних добрив у нормі $N_{30}P_{60}K_{60}$: 26659 грн, 29187 та 32211 грн відповідно. На варіантах досліду, де сорти квасолі вирощували без проведення інокуляції Роколта, найвищий умовно чистий прибуток було отримано за внесення вищої норми мінеральних добрив ($N_{90}P_{60}K_{60}$): 23670 грн у сорту Рось, 26366 грн у сорту Панна та 30398 грн у сорту Ассоль.

Пропозиції виробництву

Для отримання врожаю високоякісного зерна сортів квасолі звичайної вище 2,5−2,8 т/га сільськогосподарським підприємствам Вінницької області рекомендовано:

- для одержання високої урожайності якісного зерна зернобобових культур в умовах Лісостепу правобережного висівати в польових сівозмінах кущові сорти квасолі Панна і Ассоль;
- проводити обробку перед сівбою насіння квасолі біопрепаратами на основі бульбочкових бактерій (Роколта) в нормі 1 л/тону насіння;
- для підвищення урожайності на посівах квасолі проводити внесення в ґрунт мінерального добрива ($N_{30}P_{60}K_{60}$).
-

Список використаної літератури

1. Бойко М. П. Квасоля / [М. П. Бойко, В. Ф. Петриченко, С. П. Медвідь, М. М. Мережко]; за ред. А. М. Розвадовського // Зернобобові культури в інтенсивному землеробстві. – К.: Урожай, 1990. – С. 111–123.

2. Бабич А. О. Світові земельні, продовольчі і кормові ресурси / А. О. Бабич. – К.: Аграрна наука, 1996. – С. 147–271.

3. Культури потрібні і вигідні / Є. В. Ніколаєв, В. К. Іванов, В. Н. Салатенко та ін. – О.: Маяк, 1966. – 192 с.

4. Растениеводство / С. М. Бугай, А. И. Зинченко и др. − К.: Вища шк., 1987. – 328 с.

5. Біологічне рослинництво: Навч. Посібник / [Зінченко О.І., Алексєєва О.С., Приходько П.М. та інш.]; за ред. О.І. Зінченка. – К.: Вища школа, 1996. – 239 с.

6. Алімов Д. М. Технологія виробництва продукції рослинництва / Д. М. Алімов, Ю. В. Шелестов. – К.: Вища шк., 1995. – 271 с.

7. Зернобобові культури / за ред. А. О. Бабича. – К.: Урожай, 1984. – 160 с.

8. Решетило Т. М. Вплив схеми розміщення і густоти рослин квасолі овочевої на формування кореневої системи. *Овочівництво і баштанництво*. 2007. Вип. 53. С. 434–437.

9. Овчарук О. В. Особливості формування врожаю у кущових сортів квасолі залежно від площі живлення рослин. *Зб. наук. праць ПДАТУ*. 2005. Вип. 13. С. 124–126.

10. Пархуць Б. І. Вплив способів сівби та норми висіву на урожайність та якість зерна квасолі звичайної. *Вісн. Сумського нац. аграр. ун-ту. Сер. : Агрономія і біологія*. 2004. № 3. С. 111–113.

11. Петриченко В. Ф., Мовчан К. І. Вплив способу сівби та густоти рослин на зону плодоношення та урожайність квасолі звичайної. *Корми і кормовиробництво*. 2013. Вип. 75. С. 3–11.

17. *Пат. 104211 Україна*, МПК (2013.01) C 12 N 1/20, A 01 N 63/02. Штам бактерій *Rhizobium phaseoli* для інокуляції спаржевої квасолі/Крутило

Д.В., Надкернична О.В., Ковалевська Т.М.; заявник та патентовласник ін-т с.-г. мікробіол. та агропром. виробництва НААН. − № а 2012 03815; заявл. 29.03.12; опубл. 10.01.14, Бюл. № 1. 5 с.

18. Біологічні та ботанічні особливості вирощування квасолі звичайної в дендропарку «Дружба» [Електронний ресурс]. - Режим доступу до матеріалів: http://www.br.com.ua/diplom/Biology/40696-8.html

19. Квасоля [Електронний ресурс]. - Режим доступу до матеріалів: http://ldni.sumy.ua/agroscience/pop-erednyky-obrobitok-gruntu-ta-udobrenn

20. Технологія вирощування квасолі [Електронний ресурс]. - Режим доступу до матеріалів: http://kur- sak.net/texnologiya-viroshhuvannya-kvasoli-kursova/

21. Каталог рослин, придатних для поширення в Україні у 2016 р. (квасоля). Офіційний бюл. Охорона прав на сорти рослин: К. : Алефа, 2016. С. 66– 69.

22. Методика Державного сортовипробування сільськогосподарських культур. К., 2004. Вип. 3. 78 с.

23. Методика державного сортовипробування сільськогосподарських культур; за ред. В. В. Волкодава. Державна комісія України по випробуванню та охороні сортів рослин. Київ, 2000. 100 с.

24. Вергунов І. М. Основи математичного моделювання для аналізу та прогнозу агрономічних процесів. К.: Нора–прінт, 2000. 146 с.

25. Мазур О. В., Паламарчук В. Д., Роїк М. В. Порівняльна оцінка сортозразків квасолі звичайної за комплексом цінних господарських ознак. Збірник наукових праць ВНАУ. Сільське господарство та лісівництво, 2015, № 1, с. 63–72.

26. Мазур О. В. Генотипні відмінності сортозразків квасолі звичайної за зерновою продуктивністю, адаптивністю та їх успадкуванням. Збірник наукових праць ВНАУ. Сільське господарство та лісівництво, 2017, № 7 (Т. 1), с. 85–92.

27. Мазур О. В. Сорти квасолі звичайної, як чинник екологізації сільськогосподарського виробництва. Збалансоване природокористування, 2018, № 1, с. 169–172.

28. Мазур О.В. Оцінка сортозразків сої за комплексом цінних господарських ознак. Сільське господарство та лісівництво. 2023. № 12. С.98-115.

29. Mazur O. V., Poltoretskyi S. P., Poltoretska N. M., Yatsenko A. O. Environmental plasticity, stability and resistance to diseases of the varieties *phaseolus vulgaris* l. Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва. 2023. Вип. 94. С.17-26.

30. Mazur O. V., Poltoretskyi S. P., Poltoretska N. M., Kononenko L. M., Inheritance of yield formula in F_1 hybrids and hybrid swarms F_2 Phaseolus vulgaris L. Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва. 2023. Вип. 95. С.19-30.

31. Мазур О. В., Мазур О.В., Мазур В.А., Шерепітко В.В. Селекційний матеріал для створення гібридів кукурудзи та сортів сої придатних до механізованого збирання. Монографія. ВНАУ. 2013. 206 с.

32. Мазур О. В. Вихідний матеріал для селекції зернобобових культур із підвищеною адаптивністю та зерновою продуктивністю в умовах Лісостепу Правобережного. Монографія. ВНАУ. 2023. 345 с.

33. Остапчук М.О., Поліщук І.С., Мазур О.В., Максімов А.М. Використання біопрепаратів – перспективний напрямок вдосконалення технологій // Збірник наукових праць. – Сільське господарство та лісівництво. – № 2. – 2015. – С.- 5-17.

34. Мазур О.В. Мікробіологічні основи агротехнологій. Сільське господарство та лісівництво. 2016. №3. С. 32-44.

35. Мазур О. В. Аналіз кореляційних зв’язків між цінними господарськими ознаками квасолі звичайної. Збірник наукових праць ВНАУ. Сільське господарство та лісівництво, 2016, №3, С. 133–138.

36. Мазур О.В. Селекція квасолі звичайної на ранньостиглість і зернову продуктивність. Сільське господарство та лісівництво. 2016. №4. С. 118-124.

37. Мазур О. В. Порівняльна оцінка сортозразків квасолі звичайної за зерновою продуктивністю та адаптивністю. Збірник наукових праць ВНАУ. Сільське господарство та лісівництво, 2016, №4, С. 143–152.

38. Мазур О. В. Порівняльна оцінка сортів квасолі звичайної за

господарсько-цінними ознаками. Збірник наукових праць ВНАУ. Сільське господарство та лісівництво, 2017, № 6 (Т. 1), С. 116–124.

39. Мазур О. В. Оцінка вихідного матеріалу для селекції квасолі звичайної на ранньостиглість та урожайність. Збірник наукових праць ВНАУ. – «Сільське господарство та лісівництво» 2017, №6 (Том 2), С. 51–59.

40. Мазур О. В. Відмінності сортів квасолі звичайної за ознаками технологічності та продуктивності. Збірник наукових праць ВНАУ. – «Сільське господарство та лісівництво» 2017, №6 (Том 2), С. 60–66.

41. Мазур О.В. Генотипні відмінності сортозразків квасолі звичайної за технологічністю. Збірник наукових праць ВНАУ. Сільське господарство та лісівництво. 2017, №7 (Том 2), С. 33–39.

42. Мазур О. В., Мазур О.В. Економічна та енергетична ефективність вирощування сортів квасолі звичайної. Збірник наукових праць ВНАУ. Сільське господарство та лісівництво, 2018, № 8, с. 152–159.

43. Мазур О.В., Мазур О.В. Генотипні відмінності сортів квасолі звичайної за параметрами пластичності та стабільності. Сільське господарство та лісівництво. 2018. № 9. С.102-111.

44. Мазур О.В., Мазур О.В. Селекційна цінність сортозразків квасолі звичайної за стійкістю до ураження хворобами. Сільське господарство та лісівництво. 2018. №10. С. 98-105.

45. Поліщук І.С., Поліщук М.І., Мазур О.В., Юрченко Н. А. Польова схожість насіння сортів сої залежно від строків сівби за температурним режимом ґрунту. Сільське господарство та лісівництво. 2018. № 11. С.45-52.

46. Мазур О.В. Відмінності зернобобових культур за пластичністю і стабільністю господарсько-цінних ознак. Сільське господарство та лісівництво. 2023. № 12. С.69-86.

47. Мазур О.В., Мазур О.В. Вивчення кореляційних зв’язків у сортозразків квасолі звичайної. Сільське господарство та лісівництво. 2023. № 12. С.116-130.

48. Мазур О.В., Мазур О.В. Пластичність і стабільність зернової продуктивності сортозразків квасолі звичайної. Сільське господарство та лісівництво. 2023. №13. С154-171.

49. Мазур О.В., Мазур О.В. Адаптивність та селекційна цінність сортозразків квасолі звичайної . Сільське господарство та лісівництво. 2023. №13. С.119-142.

50. Мазур О.В., Мазур О.В. Пластичність і стабільність стійкості до хвороб сортозразків квасолі звичайної. Сільське господарство та лісівництво. 2023.№14. С. 23-42.

51. Мазур О.В., Мазур О.В. Пластичність і стабільність зернобобових культур за господарсько-цінними ознаками та селекційними індексами. Сільське господарство та лісівництво. 2023. №15. С. 111-136.

ДОДАТКИ

Додаток А

Урожайність квасолі залежно від удобрення та інокуляції насіння, т/га

Норма добрив, чинник В	Інокуляція, чинник С	Рік			$\bar{x}$	+до контролю
		2018	2023	2024		
Рось						
Без добрив (контроль)	-	1,64	1,95	1,41	1,67	0,00
	+	1,84	2,03	1,48	1,78	0,11
$N_{15}P_{30}K_{30}$	-	2,09	2,11	1,61	1,94	0,27
	+	2,23	2,50	1,68	2,14	0,47
$N_{30}P_{60}K_{60}$	-	2,13	2,33	1,68	2,05	0,38
	+	2,41	2,61	1,83	2,28	0,61
$N_{90}P_{60}K_{60}$	-	2,31	2,41	1,74	2,15	0,48
	+	2,29	2,53	1,73	2,18	0,51
Панна						
Без добрив (контроль)	-	2,03	2,25	1,42	1,90	0,00
	+	2,08	2,53	1,52	2,04	0,14
$N_{30}P_{20}K_{10}$	-	2,27	2,43	1,68	2,13	0,23
	+	2,44	2,67	1,77	2,29	0,39
$N_{60}P_{40}K_{20}$	-	2,39	2,61	1,71	2,24	0,34
	+	2,69	2,88	1,91	2,49	0,59
$N_{90}P_{60}K_{30}$	-	2,48	2,85	1,79	2,37	0,47
	+	2,58	2,81	1,84	2,41	0,51
Ассоль						
Без добрив (контроль)	-	2,17	2,21	1,57	1,98	0,00
	+	2,29	2,45	1,67	2,14	0,16
$N_{30}P_{20}K_{10}$	-	2,38	2,68	1,75	2,27	0,29
	+	2,51	2,84	1,85	2,40	0,42
$N_{60}P_{40}K_{20}$	-	2,48	2,93	1,89	2,43	0,45
	+	2,74	3,16	2,12	2,67	0,69
$N_{90}P_{60}K_{30}$	-	2,76	3,06	2,02	2,61	0,63
	+	2,70	3,07	2,08	2,62	0,64

$НІР_{05}$ 2018 р.: А – 0,12; В – 0,08; С – 0,09; АВ – 0,09; АС – 0,12; ВС – 0,13; АВС – 0,16.
2023 р.: А – 0,15; В – 0,07; С – 0,11; АВ – 0,11; АС – 0,14; ВС – 0,14; АВС – 0,18.
2024 р.: А – 0,13; В – 0,05; С – 0,08; АВ – 0,08; АС – 0,10; ВС – 0,12; АВС – 0,15.
$НІР_{0,05}$ для середніх 0,19.