

Міністерство освіти і науки України
ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Агрономічний факультет
Спеціальність: 201 «Агрономія»

„Допускається до захисту”
Завідувач кафедри рослинництва, селекції та
біоенергетичних культур,
доцент _____ О.В. Мазур
” _____ ” _____ 2020 р.
протокол № _____ від _____

«Урожайність та якість зерна квасолі звичайної залежно від
технологічних прийомів вирощування в умовах дослідного посіву
ВНАУ»

01.03. – ВР 296 м 11 10 19.023

Студент – випускник

О.В. Демаєв

Керівник дипломної роботи,
канд. с.-г. наук, проф.

В.А. Мазур

Рецензент,

Вінниця 2020

ЗМІСТ

Анотація	4
Вступ	6
Розділ 1. Огляд джерел наукової літератури	8
1.1. Підвищення урожайності квасолі звичайної за рахунок симбіотичної азотфіксації	8
1.2. Застосування бактеріальних препаратів асоціативних азотфіксувальних мікроорганізмів	11
Розділ 2. Умови та методика проведення досліджень	22
2.1. Умови проведення досліджень	22
2.2. Характеристика гідротермічного режиму у період проведення досліджень	24
2.3. Методика проведення досліджень	26
2.4. Агротехніка вирощування культури в досліді	28
Розділ 3. Результати експериментальних досліджень	30
3.1. Тривалість вегетаційного періоду рослин квасолі	30
3.2. Тривалість міжфазних періодів в онтогенезі рослин квасолі	33
3.3. Динаміка формування висоти рослин квасолі	36
3.4. Густина стояння та виживання рослин квасолі в онтогенезі	40
3.5. Урожайність квасолі залежно від удобрення та інокуляції	43
3.6. Вплив удобрення та інокуляції на якість зерна квасолі	48
Розділ 4. Економічна та енергетична оцінка ефективності технології вирощування квасолі	57
Висновки	64
Пропозиції виробництву	67
Список використаної літератури	68
Додатки	74

Анотація

Обсяг магістерської роботи складає 75 сторінок. Вона містить 13 таблиць, 55 літературних джерел, 5 рисунків, 1 додаток.

Тема дипломної роботи: «Урожайність та якість зерна кvasолі звичайної залежно від технологічних прийомів вирощування в умовах дослідного посіву ВНАУ».

Мета та задачі дослідження. Мета роботи – підвищення зернової продуктивності середньостиглих сортів кvasолі вітчизняної селекції шляхом встановлення особливостей росту і розвитку рослин та оптимізації елементів технології вирощування (удобрення, інокуляція) залежно від сортових особливостей та умов вегетаційного періоду.

Об’єкт досліджень – процеси формування і реалізації продуктивного потенціалу рослин кvasолі залежно від сорту, добрив та інокуляції.

Предмет досліджень – сорти кvasолі звичайної, норми добрив, інокуляція насіння, врожайність зерна та показники його якості.

Для досягнення поставленої мети необхідно було вирішити наступні задачі:

- теоретично обґрунтувати та практично встановити особливості росту та розвитку рослин кvasолі звичайної;
- виявити взаємообумовленість урожайності кvasолі та мінеральних добрив за певних умов зволоження, температурного режиму, інокуляції насіння через динаміку формування вегетативних та генеративних органів рослин, тривалості вегетаційного й міжфазних періодів, індивідуальної урожайності рослин;
- встановити ефективність передпосівної інокуляції насіння кvasолі та заходів щодо її підвищення;
- визначити найбільш оптимальні норми мінеральних добрив щодо формування стабільної урожайності, якісного зерна, ефективного функціонування азотфіксуючої системи рослин кvasолі;

– розрахувати економічну та енергетичну ефективність технологій вирощування квасолі звичайної.

Методи дослідження. У процесі виконання роботи застосовували загальнонаукові та спеціальні методи досліджень: польовий – для встановлення обумовленості формування урожайності, технологічних та погодних чинників; в умовах проведення досліджень; лабораторні: морфофізіологічний, хімічний – для визначення хімічного складу зерна; математичні й статистичні, порівняльно–розрахунковий – для визначення економічної та енергетичної ефективності технології вирощування.

Вступ

Рівень життя населення будь-якої країни останнім часом визначається кількістю білка, який споживає людина. За даними Інституту харчування, норма вживання людиною бобових в рік повинна складати 13 кг. В Україні за останні десять років якість харчування населення різко погіршилася. Причиною цього є різкий спад об'ємів виробництва високобілкових продуктів харчування тваринного походження та їх висока собівартість [1, 2]. На думку фахівців, продукція тваринництва майже досягла своєї біологічної межі і сподіватися на істотне підвищення продуктивності й валового виробництва продуктів тваринництва немає підстав [4].

Дефіцит білка у всьому світі знижується за рахунок використання білків тваринного походження. 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. Серед зернобобових культур чільне місце займає квасоля звичайна (*Phaseolus vulgaris* L.), що містить у середньому 24 % білка, який за амінокислотним складом близький до білків тваринного походження. Квасоля є однією з найважливіших, яка в останні роки перестала бути монополією городників і дачників. Цю культуру стали вирощувати в промислових масштабах, зокрема, крупні агрохолдинги, адже мода на вегетаріанство змусила заклади харчування і простих господинь згадати традиційні страви з квасолі, які стають значно популярнішими за продукти з сої, яку в Україні почали вживати в їжу лише близько 20 років тому. Значний внесок у розвиток питань селекції, насінництва, технологій вирощування квасолі в Україні зробили видатні вітчизняні вчені В. І. Січкара, А. О. Бабич, В. Ф. Камінський, О. В. Овчарук, Б. І. Пархуць, Л. С. Краєвська, Д. С. Шляхтуров, О. Д. Турак та ін.

Слід відмітити, що за останні десятиріччя площі під цією культурою

були незначні, вирощували її здебільшого на присадибних ділянках.

У зв'язку з цим підвищення зернової продуктивності сортів квасолі вітчизняної селекції шляхом встановлення особливостей росту і розвитку та оптимізації елементів технології вирощування (удобрення, інокуляція) залежно від сортових особливостей та погодних умов вегетаційного періоду є метою досліджень.

Розділ 1. Огляд джерел наукової літератури

1.1. Підвищення урожайності квасолі звичайної за рахунок симбіотичної азотфіксації

Квасоля – одна з найважливіших продовольчих зернобобових культур світового землеробства. Як і інші бобові культури, квасоля здатна формувати високоефективну симбіотичну азотфіксуючу систему. Бульбочки на рослинах квасолі починають формуватися на 14 день після появи сходів, при сприятливих умовах їх кількість збільшується до утворення бобів [6]. В ґрунтах України наявні місцеві ризобії квасолі, але вони не забезпечують високого рівня симбіотичної азотфіксації [2].

Обробка насіння перед сівбою препаратами на основі азотфіксуючих бактерій дозволяє сформувати ефективний симбіотичний апарат у квасолі [1, 3]. Зокрема, використання штаму *Rhizobium phaseoli* 8 забезпечило зростання кількості бульбочок на 23%, сирі маси бульбочок – на 31% порівняно з варіантом без обробки насіння [5]. При використанні природних агроруд сумісно з ризоторфіном збільшується позитивний ефект. Так, порівняно з контролем, внесення Ірліту-1 сприяло збільшенню маси бульбочок на 16%, а туфогенного піску – на 25%. У квасолі пік фотосинтетичної активності припадає на фазу утворення бобів, тому в цей час найбільша маса бульбочок – 200-500 кг/га [7].

На даний період не можна відмовитися від зростання виробництва сільськогосподарської продукції, але такої продукції, яка б відповідала найвищим стандартам екологічної чистоти, продовольчої та кормової якості. Одним із шляхів вирішення даного питання є розроблення технологій вирощування зернобобових культур на органічній основі, які були б безпечними для навколишнього середовища, насамперед для ґрунту. Вони мають базуватися на вирощуванні у сівозмінах бобових і однорічних

зернобобових культур та їх сумішей із зерновими; застосуванні комплексу оптимальних систем обробітку ґрунту, рекомендованих норм висіву та строків сівби сортів нового покоління, своєчасному збиранні врожаю, професійному застосуванні агротехнічних і біологічних методів боротьби з шкідливими організмами; внесенні оптимальних норм органічних та інших видів добрив, використанні місцевих сировинних ресурсів, сидеральних та покривних культур, побічної продукції попередників, біологічних препаратів [8–10].

Частка біологічного азоту у формуванні урожаю квасолі звичайної значна, але часто мінлива. Тому важливо визначити і створити оптимальні агротехнічні умови для реалізації потенційної азотфіксуючої активності сортів квасолі.

Квасоля є однією із найбільш поширених зернобобових культур продовольчого використання. Продукція її вирощування і переробки не тільки повніше задовольняє потреби людини у високоякісному рослинному білку, але й урізноманітнює раціон харчування [11]. Світова фінансова криза, яка призвела в Україні до поглиблення економічної та енергетичної, особливо в аграрному секторі економіки, спонукає до пошуку альтернативних шляхів підвищення врожайності сільськогосподарських культур, одним з яких є повніша реалізація генетичного потенціалу рослин за рахунок використання регуляторів росту. Позитивна дія регуляторів росту виявляється в інтенсифікації фізіологічних процесів у рослин, стійкості їх до несприятливих чинників довкілля і підвищення чутливості до інокуляції ризобіями [12].

Українські вчені А.О. Бабич та В.Ф. Петриченко відводять квасолі велику роль у поліпшенні азотного балансу в землеробстві. Встановлено, що після збирання квасолі у ґрунті залишається 60-100 кг азоту, тобто стільки, скільки можна одержати після внесення 15-18 т/га гною [13, 14, 15, 16]. Здатність бобових культур фіксувати молекулярний азот повітря відіграє особливо цінну роль в існуванні біосфери планети Земля,

оскільки є зв'язком між живленням і розкладом. Вивчення симбіотичної продуктивності посівів квасолі викликає особливий інтерес з точки зору як підбору культур в сівозміні, так і розробки системи їхнього удобрення, що залежить від азотфіксації та її кількості. Таким чином, дослідження азотфіксуючої здатності посівів квасолі залежно від сортів та способів сівби набуло цінності не тільки з точки зору виявлення найбільш сприятливих умов для розвитку посівів, що було метою наших досліджень, але й мало практичну цінність як для рослинництва, так і інших супутніх наук агрономічного напрямку [6].

Інтенсифікація процесу симбіотичної азотфіксації залишається однією з актуальних проблем сучасного землеробства. Перспективний шлях її вирішення полягає у збільшенні частки симбіотрофного азоту в агроценозах при забезпеченні високоефективного симбіозу бобових культур із відповідними видами бульбочкових бактерій. Ефективна взаємодія бульбочкових бактерій з бобовими рослинами забезпечує активацію низки метаболічних процесів їх життєдіяльності й насамперед фіксацію атмосферного азоту. У результаті цього поліпшується живлення рослин, підвищується їх продуктивність, зростає якість сільськогосподарської продукції [17]. Бульбочкові бактерії є грамнегативними паличками, у вільному стані – суворі аероби, не здатні фіксувати азот. Після зараження тканини кореня утворюється інфекційна нитка, в якій бактерії починають активно розмножуватися. Вона проникає в кору кореня, де починають формуватись бульбочки, які згодом утворюють бактероїди [18]. За підрахунками науковців [19], нітрогеназна активність симбіотичного апарату квасолі досить висока – 130 мкг N₂ на одну рослину за годину, що перевищує активність ризобіального комплексу сочевиці на 85 мкг, вики – на 80, гороху – на 40, нуту – на 30 мкг, поступаючись лише сої, бобам і люпину.

У дослідженнях А.І. Чундерової передпосівне інокулювання насіння препаратом на основі штаму № 8 сприяло нітрогеназній активності, яка становила від 10 до 311 мг/рослину, що перевищує показники контролю на

75,8–97,7 %. Така велика різниця пояснюється тим, що для квасолі звичайної в більшій мірі, ніж для інших зернобобових культур, характерне досить незначне бульбочкоутворення за рахунок спонтанного аборигенного інокулювання [20].

Азотфіксувальний потенціал симбіозу квасолі з присутніми у ґрунті ризобіями часто обмежений невисокою азотфіксувальною активністю бактерій. 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.

1.2. Застосування бактеріальних препаратів асоціативних азотфіксувальних мікроорганізмів

Бактеріальні препарати з використанням асоціативних азотфіксувальних мікроорганізмів поліпшують мінеральне живлення рослин, накопичують біологічний азот у ґрунті, знижують темпи розкладання гумусових речовин, покращують структурованість ґрунту, зменшують випаровування вологи ґрунту і масштаби ерозії. Бактеріальні препарати дозволяють одержати екологічно чисту продукцію, тому що містять природні ефективні штами, які не здатні викликати у людини віддалені генетичні наслідки подібно неприродним хімічно синтезованим засобам. За умови утворення активного компонента рослина – *Rhizobium* утворює взаємовигідне співіснування, симбіоз, у процесі якого сонячна енергія використовується для зв'язування біологічним шляхом атмосферного азоту. Рослина-господар у процесі фотосинтезу акумулює сонячну енергію й у формі хімічно зв'язаної енергії вуглеводів та інших речовин забезпечує нею мікросимбіонт, який, у свою чергу, задовольняє на 30–50 % потребу рослини-господаря в азоті [21].

Проведення передпосівного інокулювання насіння досліджуваними

препаратами сприяло подовженню періодів сходи–перший трійчастий листок, бутонізація–цвітіння, цвітіння–налив бобів на 1–2 доби кожен. За сівби насіння, інокульованого *Rhizobium phaseoli*, Ф-16, подовжувалися тривалість міжфазних періодів сходи–перший трійчастий листок, бутонізація–цвітіння, налив бобів–повна стиглість на одну добу кожен, що подовжило вегетаційний період рослин квасолі на 3 доби відносно контролю (87 діб).

Інокуляція покращує умови для контакту кореневої системи з бульбочковими бактеріями, а показники вірулентності штамів прийнято оцінювати за кількістю та масою бульбочок, які з'явилися на кореневій системі квасолі. Бульбочки не утворюються на коренях рослини в занадто сухому ґрунті, наприклад його вологість на початку вегетації нижча за 50–60 % повної польової вологоємкості. Нестача вологи в пізніший період може призвести до відмирання вже сформованих бульбочок. Оптимальним інтервалом вологості для розвитку бульбочок та азотфіксації є 60–70 % від повної польової вологоємкості. Надлишкова вологість менш шкідлива, ніж нестача її. Спостереження показали, що ефективний симбіоз характеризувався значною кількістю великих бульбочок на коренях квасолі рожевого кольору. За менш активного симбіозу бульбочки були маленького розміру, білого та жовтуватого кольорів.

Отримані результати свідчать про те, що досліджувані фактори суттєво впливали на діяльність у ризосфері рослин квасолі бульбочкових бактерій, зокрема на кількість і масу бульбочок на коренях рослин. Інтенсивність бульбочкоутворення у квасолі досягала максимуму на початку цвітіння культури. Так, у фазі цвітіння рослин квасолі на контрольних ділянках кількість бульбочок на одній рослині сягала 8 штук. Найбільша кількість (38 бульбочок) на одній рослині квасолі зареєстрована на тих ділянках, де перед сівбою проводили інокуляцію штамом Ф-16, маса бульбочок становила 0,36 мг/рослину, серед них 30 бульбочок були активними, рожевого кольору.

Фіксація азоту повітря відбувається в бульбочках, тому найбільш чітку

оцінку такого факту можна зробити з огляду на розвиток симбіотичного процесу. Спостереження показали, що інтенсивний ріст бульбочок квасолі закінчується до фази утворення бобів. Незважаючи на наявність спонтанної інокуляції квасолі аборигенними штамми, штучна передпосівна інокуляція насіння сприяє інтенсивній нодуляції. Накопичення великої маси бульбочок закономірно приводить до підвищення активного симбіотичного потенціалу. Спостереження показали, що інокуляція насіння квасолі сприяє більш активному формуванню жвавих азотфіксувальних бульбочок. Активність фермента нітрогеназа має особливості відновлювати азот та інші компоненти.

Вивчення азотфіксувальної активності в кореневій зоні рослин показує її збільшення за передпосівної інокуляції. Найбільш високою азотфіксувальною активністю характеризувалися штамми *Rhizobium phaseoli*, Ф-16 та *Rhizobium phaseoli*, 700. Нітрогеназна активність цих штамів була відповідно 84,23 та 70,26 нМоль етилену/рослину/год, тоді як на контрольних ділянках даний показник становив 22,13 нМоль.

У наших дослідженнях найвищу і найбільш стабільну врожайність зерна квасолі забезпечив варіант з обробкою насіння штамом з асоційованими мікроорганізмами *Rhizobium phaseoli*, Ф-16. На цьому варіанті в середньому за роки досліджень урожайність зерна становила 1,7 т/га. У варіанті, де насіння обробляли штамом бульбочкових бактерій *Rhizobium phaseoli*, 700, урожайність була дещо нижчою (1,5 т/га). Найнижчу врожайність (0,9 т/га) одержано в контролі.

Здатність бобових культур фіксувати молекулярний азот повітря відіграє особливо цінну роль в існуванні біосфери планети Земля, так як є зв'язком між живленням і розкладом. Вивчення симбіотичної продуктивності посівів квасолі викликає особливий інтерес з точки зору як підбору культур в сівозміні, так і розробки системи їхнього удобрення, що залежить від азотфіксації та її кількості. Таким чином, дослідження азотфіксуючої здатності посівів квасолі залежно від сортів та способів сівби набуло цінності не тільки з точки зору виявлення найбільш сприятливих

умов для розвитку посівів, що було метою наших досліджень, але й мало практичну цінність як для рослинництва, так і інших супутніх наук агрономічного напрямку [22].

За інокулювання насіння азотфіксувальним штамом бульбочкових бактерій і в комплексі з фосформобілізівними бактеріями та за внесення фосфорних та калійних добрив збільшувалась маса сирих бульбочок до 1,10–1,84 г/рослину та їхня кількість від 29,9 до 38,6 шт./рослину. Інокулювання насіння стандартним штамом азотфіксувальних бактерій, комплексного поєднання зі стандартним штамом фосформобілізівних бактерій забезпечувало, у середньому за роки досліджень, у фазі наливання бобів однакову масу – 1,10 г/рослину сирих бульбочок, що на 19,6% більше за показники на контролі (0,92 г/рослину).

За комплексного поєднання азотфіксувальних з новими штамми фосформобілізівних бактерій сира маса бульбочок дещо зростала і становила у варіанті: фон + штам фосформобілізівних бактерій №1 1,16 г/рослину, фон + штам №2 – 1,13, фон + штам №3 – 1,27, фон + штам №4 – 1,21 та у варіантах із застосуванням штаму №5 і поліштаму – 1,44 г/рослину.

Найвища маса сирих бульбочок забезпечували варіанти, де інокулювання насіння диференційовано поєднувалося із внесенням фосфорних та калійних добрив. Так, у варіанті фон + P_{45} їхня маса становила 1,62 г/рослину, а у варіанті фон + калійні добрива у дозі К – 1,84 г, що відповідно на 0,7 та 0,92 г більше порівняно із контрольним варіантом.

Щодо кількості бульбочок на 1 рослину, то величина цього показника за інокулювання та комплексного його поєднання з добривами зростала порівняно до контрольного варіанта, проте різких змін у розрізі варіантів, де проводилось інокулювання, не відмічено. Кількість бульбочок варіювала від 29,9 до 36,6 шт./рослину за показників на контролі – 19,2 шт.

Одним із головних показників, що характеризує роботу симбіотичних систем зернових бобових культур, у тому числі й гороху, є кількість фіксованого ними азоту з атмосфери. Аналіз результатів показав,

що кількість фіксованого азоту, у середньому за роки досліджень, залежала від оброблення насіння тим чи іншим штамом у комбінації з стандартним азотфіксувальним штамом та від внесення фосфорних або калійних добрив Застосування калійних добрив у дозі K₄₅ забезпечувало найбільшу кількість фіксованого азоту – 38,2 кг/га, за показників у контрольному варіанті 19,5 кг/га. Відсоток цього азоту в загальному балансі при цьому складав 22,3%.

Слід відмітити, що варіанти досліджень за використання поліштаму та інокулювання насіння стандартним штамом азотфіксувальних бактерій у комплексі із внесенням фосфорних добрив у дозі P₄₅ також переважали інші варіанти за кількістю фіксованого азоту і знаходились на рівні відповідно 35,6 та 33,8 кг/га. Частка фіксованого азоту з атмосфери в загальному балансі азоту складала відповідно 21,1 та 20,3%, у контрольному варіанті – лише 14,6%.

Одержання високого врожаю насіння відповідної якості – це кінцева характеристика діяльності системи агробіоценозу квасолі звичайної. За даними наших досліджень встановлено, що кількісні вихідні величини обумовлено розвитком ризобіальної системи, елементами структури врожаю і чинниками навколишнього природного середовища.

Виявлено, що в усіх варіантах із бактеризацією насіння бульбочкові бактерії на коренях у фазі бутонізації – цвітіння рослин були крупними і мали рожеве забарвлення, натомість у контрольних варіантах спостерігалось формування дрібних корневих бульбочок, інфікованих ризобіями ґрунтової популяції. Зауважимо, що інокуляція насіння квасолі звичайної різними штамми бульбочкових бактерій сприяла поліпшенню індивідуальної продуктивності культури: кількість бобів підвищилася на 0,02–0,97 од./рослину, кількість насінин – на 1,53–6,48 од./рослину порівняно з контрольним варіантом Виявлено, що за різних варіантів інокуляції маса насіння збільшилася на 0,41–1,90 г/рослину порівняно з контрольним варіантом, де ці показники становили відповідно 5,0 г/рослину. Найбільша маса насіння з однієї рослини

сформувалася за передпосівної обробки насіння штамом *Rhizobium phaseoli*, *Ф-16* – 6,90 г/рослину в обох варіантах.

Порівнюючи структурні показники посівів квасолі звичайної за роки досліджень варіантів з інокуляцією разом із препаратом Регоплант і прилипачем ЕПАА і контролем, можна констатувати, що цей захід сприяв покращенню структурних показників урожаю культури. Обробка насіння квасолі звичайної штамми мікроорганізмів та біопрепаратами Регоплант + ЕПАА підвищувала утворення як кількості бобів (на 0,87–1,15 г/рослину), так і кількості насіння (на 4,25–7,16 г/рослину), а також мала позитивний ефект на його масу, що сприяло приросту врожайності у межах 0,77–2,74 г/рослину.

Найсприятливіші умови для формування врожаю зерна квасолі звичайної утворюються у тих посівах, які найбільше відповідають потребам рослин.

За результатами проведених досліджень виявлено позитивний вплив передпосівної інокуляції насіння квасолі звичайної штамми мікроорганізмів та біопрепаратами на її врожайність. Порівняння врожайності зерна квасолі за роки проведення досліджень свідчать, що найвищий її рівень зафіксовано у 2016 р. за всіма варіантами дослідів – у межах 2,40–2,93 т/га. Насамперед, це обумовлено сприятливими кліматичними умовами, задовільною кількістю вологи та температурним режимом впродовж вегетаційного періоду культури.

У середньому за 2014–2016 рр. врожайність сорту Славія становила 2,00–2,58 т/га. Оцінка впливу різних штамів *Rhizobium phaseoli* дає змогу виділити серед них найефективніші. Так, у середньому за роки досліджень найвища врожайність насіння квасолі – 2,38 т/га була отримана у варіантах, де насіння обробляли перед сівбою штамом азотфіксуючих бактерій *Rhizobium phaseoli*, *Ф-16*. Отже, застосування штамів мікроорганізмів для інокуляції насіння квасолі та біологічно активних речовин, що регулюють ріст та розвиток рослин є наступним кроком у біологічній системі живлення та захисту культури, а також дає змогу зберегти сприятливу агроєкологічну ситуацію та збільшити врожайність та якість насіння квасолі [23].

Квасолію звичайну сортів Мавка (зернова квасоля) та Amazone (овочева

квасоля) вирощували на зразках дерново-підзолистого, темно-сірого та сірого лісового ґрунтів з різними за щільністю популяціями бульбочкових бактерій квасолі. З відібраних кореневих бульбочок квасолі були отримані 50 ізолятів ризобій і вивчені їх морфолого-культуральні та фізіологічні властивості.

Встановлено, що досліджувані культури бульбочкових бактерій схожі між собою за морфологічними ознаками. Клітини бактерій мають форму злегка зігнутих паличок, розмір яких становить 0,7–1,0 мкм завширшки та 1,8–2,3 мкм завдовжки. Вони не утворюють спор, характеризуються рухливістю та є грамнегативними.

На твердому гороховому середовищі усі досліджувані ізоляти, незалежно від їх еколого-географічного походження, характеризуються швидким ростом. У чашках Петрі на 3–4-й день росту колонії мали округлу форму, за консистенцією – слизисті, напівпрозорі. Діаметр колоній становив 2–3 мм. Культури не росли на м'ясопептонному агарі. На поверхні лакмусового молока колонії утворювали прозору слизисту зону, розміри якої дещо різняться залежно від досліджуваної культури. Реакція середовища (рН) знижувалася до кислої.

Під час аналізу особливостей використання досліджуваними ризобіями джерел вуглецю було встановлено, що 95% ізолятів добре ростуть на середовищах з сахарозою, глюкозою, лактозою, мальтозою, фруктозою та манітом. Використання джерел мінерального азоту отриманими ізолятами є індивідуальною ознакою, хоча, загалом, вони краще ростуть на середовищах з амонійними солями та азотнокислим калієм. Переважно засвоюють відновлені форми азоту.

Усі отримані культури бульбочкових бактерій вступають в симбіотичні зв'язки з квасолею звичайною, утворюючи на коренях рослин активні червоні бульбочки.

На основі морфолого-культуральних, фізіологічних та симбіотичних властивостей отримані штами швидкорослих бульбочкових бактерій були ідентифіковані за визначником Бергі як *R. phaseoli*.

Для оцінки різноманіття бульбочкових бактерій у ґрунтових популяціях часто використовують тест на антибіотикорезистентність. Чутливість до антибіотичних речовин також є однією з таксономічно важливих характеристик цих мікроорганізмів. Зважаючи на це, ми вивчали резистентність отриманих штамів ризобій квасолі до антибіотиків різної біологічної дії.

Виявлено, що досліджувані штами, загалом, подібні за чутливістю до антибіотиків. Так, бульбочкові бактерії *R. phaseoli* — ФБ1, ФМ1, ФА2, ФД1, ФД3, як і стандартний штам *R. phaseoli* 700, виявились чутливими до різних інгібіторів, а саме: синтезу компонентів клітинної стінки (групи пеніциліну і цефалоспоринолу), синтезу білка (групи аміноглікозидів, макролідів та нітрофуранів), транскрипції і синтезу нуклеїнових кислот (група хінолонів), а також до інгібіторів функціонування цитоплазматичних мембран (група азолів). Лише до антибіотика оксациліну всі штами ризобій проявили резистентність, про що свідчить відсутність зон затримки їх росту.

Поряд із тим порівняння зон затримки росту дало змогу розділити досліджувані штами на дві групи. Так, штами *R. phaseoli* – ФБ1, ФМ1, ФА2 виявились подібними за цією ознакою, утворюючи окрему групу. Вони мали більш виражену чутливість до амоксициліну, ампіциліну, цефазоліну, амікацину, канаміцину, еритроміцину, ципрофлоксацину та були менш чутливими до фурадоніну, ніж штами другої групи *R. phaseoli* – ФД1 і ФД3. Крім того, зони затримки росту у представників двох груп штамів відрізнялись у 1,4–4,3 рази.

Наступним етапом нашої роботи було серологічне типування штамів бульбочкових бактерій квасолі різного еколого-географічного походження.

Із застосуванням модифікованих схем імунізації кролів були отримані імунні антисироватки до стандартного штаму *R. phaseoli* 700 і нових активних штамів бульбочкових бактерій квасолі *R. phaseoli* – ФБ1 та ФД3. Титр антисироваток у реакції аглютинації становив – 1:2560, 1:5120 та 1:5120 відповідно, робоче розведення – 1:200.

Усі антисироватки проявили високу специфічність, вони не вступали в реакцію з жодним із 24 досліджених штамів, що належать до п'яти родів бульбочкових бактерій: *Bradyrhizobium*, *Ensifer*, *Neorhizobium*, *Mezorhizobium* та *Rhizobium*. Не спостерігалось також позитивної перехресної реакції із штамми ризобій квасолі, до яких отримано антисироватки (*R. phaseoli* 700, *R. phaseoli* ФБ1 та *R. phaseoli* ФД3).

Для вивчення серологічного різноманіття бульбочкових бактерій квасолі були відібрані 40 штамів, вилучених із ґрунтів різних регіонів України. У роботі також використовували штами: стандартний – *R. phaseoli* 700 та типовий – *R. Phaseoli* VKM B-1966.

Аналіз серологічних властивостей виділених штамів *R. phaseoli* засвідчив, що вони розрізняються за антигенним складом і належать до різних серологічних груп. Найбільшим серологічним різноманіттям характеризувалися штами бульбочкових бактерій квасолі (16 од.), вилучені з ґрунтів Чернігівської обл., які віднесено до двох серологічних груп – ФБ1 та ФД3. Лише два штами з цієї вибірки (*R. phaseoli* – ФМ1 та СА3) не були серологічно ідентифіковані. Також 43% штамів

R. phaseoli, поширених у сірому лісовому ґрунті Вінницької обл., позитивно реагували з антисироваткою ФБ1, а інші ризобії відносились до неідентифікованих серогруп. Слід наголосити, що жоден із штамів (10 од.), вилучених із досліджуваної популяції ризобій квасолі в темно-сірому ґрунті Київської обл., не реагував з антисироватками ФБ1, ФД3 та 700.

В агроценозах України не виявлено бульбочкових бактерій квасолі, які належать до серогрупи 700, що, імовірно, обумовлено географічним походженням штаму *R. phaseoli* 700 (Мексика). Типовий штам ризобій квасолі *R. phaseoli* VKM B- 1966 також не належить до серогруп ФБ1, ФД3, представники яких трапляються в ґрунтах України.

Отже, отримані нові штами бульбочкових бактерій квасолі мають істотні відмінності, і за складом соматичних антигенів розділяються на різні серологічні групи. Співвідношення штамів, що належать до різних

серологічних груп, значно відрізняється залежно від територіальної зональності України. Найбільш серологічно різнорідними виявились ризобії квасолі, виділені з агроценозів Чернігівській обл.

Слід зауважити, що останнім часом для аналізу природних популяцій бульбочкових бактерій широко використовують методи молекулярної екології. Ідентифікацію мікроорганізмів здійснюють за допомогою детекції різних генів-маркерів [24].

Симбіоз з бульбочковими бактеріями – одна із найбільш ефективних систем біологічної азотфіксації, яка має велике екологічне та практичне значення. У бобово-ризобіальному симбіозі досягається сполучення двох глобальних біохімічних процесів – азотфіксації та фотосинтезу, завдяки чому нормалізується азотно-вуглеводний баланс рослинного організму [25, 26, 27].

Інтродуковані в кореневу зону мікроорганізми здатні формувати активні рослинно-бактеріальні асоціації, активізувати процеси азотфіксації та фотосинтезу, стимулювати розвиток кореневої системи, підвищувати абсорбуючу здатність кореневої системи, що в цілому позитивно впливає на ступінь засвоєння рослинами поживних речовин з ґрунту [28, 29]. Саме тому вивчення біологічних і біохімічних особливостей процесу фіксації молекулярного азоту мікроорганізмами набуває першочергового значення. Найбільше практичне значення у збагаченні ґрунтів азотом, завдяки засвоєнню його з повітря, мають групи ґрунтових мікроорганізмів – бульбочкові 22 бактерії, які фіксують молекулярний азот у симбіозі з бобовими рослинами. Представники родів бульбочкових бактерій, *Bradyrhizobium*, *Rhizobium*, *Mezorhizobium*, *Sinorhizobium*, *Azorhizobium* і *Allorhizobium* – це не звичайні ґрунтові мікроорганізми, оскільки окрім стану вільноіснуючих гетеротрофів, їхньому життєвому циклу притаманна, також, стадія симбіотичної взаємодії з бобовими рослинами [30, 31]. Важливе значення у взаємовідносинах мікро- і макросимбіотів мають генетичну природу штаму та сорт рослини. Стреси, яким піддаються

рослини і бактерії, наприклад, низькі і високі температури, дефіцит вологи або перезволоження, низька кислотність ґрунту, можуть негативно впливати на бобово-ризобіальний симбіоз [32]. Оптимальні умови для ефективної дії бактеріальних добрив: 20-25 °С, рН 6,5-7,5, 60-70 % повної вологоємності [33].

Одним з нових екологічних напрямків сучасної сільськогосподарської науки є розробка заходів, які забезпечують підвищення біологічної фіксації азоту та мобілізацію фосфору, калію на посівах бобових культур, що має важливе значення для підвищення їх урожайності, зниження собівартості сільськогосподарської продукції та сільськогосподарського виробництва [34, 35].

Азотфіксуючий потенціал симбіозу бобових культур із присутніми у ґрунті ризобіями часто обмежений невисокою азотфіксуючою активністю бактерій або недостатньою їх кількістю у зоні проростаючого насіння [36]. У зв'язку з цим, обов'язковим агроприйомом у технологіях вирощування бобових культур повинна бути передпосівна обробка насіння біопрепаратами на основі селекціонованих штамів специфічних ризобій, яка не тільки підвищує продуктивність рослин, а й сприяє інтродукції у ґрунтові мікробоценози високоефективних штамів бульбочкових бактерій [37].

Розділ 2. Умови та методика проведення досліджень

2.1. Умови проведення досліджень

Об'єктом досліджень виступали сортозразки квасолі звичайної. Закладка польового дослідження 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. 2.1.

Вміст гумусу в ґрунті середній, забезпеченість фосфором висока, а калієм низька. Кислотність близька до нейтральної. Центральний агрокліматичний 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 недалеко 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°C. Однак весняні заморозки бувають до 20 – 25 квітня (в окремі роки вони можливі і в першій декаді травня).

Таблиця 2. 1

Агрохімічна характеристика ґрунту

Назва ґрунту		Сірий опідзолений Середньо- суглинковий
Вміст гумусу за Тюрінім, %		2,4
Вміст рухомих форм, мг.-екв. на 100 г ґрунту	P ₂ O ₅	21,2
	K ₂ O	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. 2.2).

Таблиця 2.2

Кліматичні елементи центральної під-зони Вінницької області

№ з/п	Кліматичний елемент	Показник
1	Сума позитивних температур (вище+0°C)	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°C 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 приходить 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.

2.2. Характеристика гідротермічного режиму у період проведення досліджень

За вологозабезпеченням весь вегетаційний період 2019 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 2019 року у квітні випало 36 мм, травні – 144, червні – 89; липні – 40; серпні – 9; вересні – 28 мм.

Температурний режим 2019 року був слідуєчим: у квітні температура склала – 9,2; травні – 15,5; червні – 21,6; липні – 19,1; серпні – 20,3; вересні – 15,2°C. 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 2019 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 2019 році, середньорічні температурні умови та кількість опадів були максимально наближеними до середньорічних багаторічних показників, що сприяло покращенню процесів росту і розвитку сортів сої та підвищенню рівня урожайності в цілому.

Таблиця 2.3

Гідротермічні умови в період проведення досліджень

Місяць	Середньомісячна температура повітря, °С			Опади, мм		
	2019	2020	Сер. баг.	2019	2020	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 2020 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 2019 рік, як в цілому так і в розрізі років досліджень. Умови 2020 року виявилися більш контрастними як за вологозабезпеченням так із температурним режимом, що відобразилося на процесах росту й розвитку рослин кvasолі звичайної.

2.3.Методика проведення досліджень

Дослідження проведені впродовж 2018–2020 років на дослідних ділянках Вінницького національного аграрного університету..

Дослід. Формування продуктивності сортів кvasолі залежно від удобрення та інокуляції насіння (польовий). Дослід трифакторний (табл. 2.6), чинник А – сорти кvasолі звичайної [38], чинник В – норми внесення мінеральних добрив, розраховані балансовим методом на запланований врожай, чинник С – інокуляція насіння. Загальна площа елементарної ділянки – 1,8 м², облікової – 1,35 м². Повторність дослідів чотириразова [39].

Попередник в досліді пшениця озима. Сіяли кvasоллю із шириною міжрядь 45 см, глибина заробки насіння 4–5 см. Норма висіву 500 тис. шт. схожого насіння на гектар. Для захисту посівів кvasолі 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.

Схема досліду 1

Чинник А: сорт	Чинник В: удобрення, кг/га д.р.	Чинник С: інокуляція насіння
Надія Мавка Перлина	Без добрив (контроль) N ₃₀ P ₂₀ K ₁₀ N ₆₀ P ₄₀ K ₂₀ N ₉₀ P ₆₀ K ₃₀ N ₁₂₀ P ₈₀ K ₄₀	Без інокуляції (контроль) Інокуляція Ризобофітом, штам <i>Rhizobium phaseoli</i>

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

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

– фенологічні спостереження за рослинами кvasолі 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 [40, 41];

- 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) [40];

- облік урожаю проводили методом прямого комбайнування з кожного варіанта;
- вміст жиру та білка у зерні квасолі визначали за методом інфрачервоної спектрометрії на інфрачервоному аналізаторі NIP Scanner 4250 з комп'ютерним забезпеченням ADI DM 3114;
- економічну оцінку проводили розрахунковим методом із використанням технологічних карт вирощування квасолі;
- біоенергетичний аналіз здійснювали за методикою Медведовського О. К. та Іваненка П. І. (1988) [42];
- дисперсійний та кореляційний аналізи і статистичну оцінку середніх показників проводили за методикою Б. А. Доспехова (1985) [39];
- отримані дані аналізували за методами математичної статистики на персональному комп'ютері з використанням програмного пакета «Statistica–6» [43].

2.4. 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 культивуацію 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 насінневої оболонки та насінневого рубчика, що чітко відповідає сортовим ознакам певного сорту. Напрямок 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 3 Результати експериментальних досліджень

3.1. Тривалість вегетаційного періоду рослин квасолі

При вирощуванні квасолі тривалість вегетаційного періоду має важливе значення, оскільки ріст, розвиток та формування врожаю цієї культури може тривати від 60 до 130 діб. Встановлено, що тривалість вегетаційного періоду залежить від генетичних особливостей сорту, екологічних умов регіону та застосування конкретних елементів технології вирощування [44]. Існує градація розподілу вегетаційного періоду квасолі звичайної: ранньостигла група (сівба – технічна стиглість зеленого боба) 64–72 доби; середньоранні – 73–80 діб; середньостиглі 81–110 діб, середньопізні 111–120 діб і пізньостиглі > 120 діб. Доведено, що за середньодобовою температурою вище за 10 °С можна вирощувати сорти з періодом 95–100 діб до технічно стиглого зеленого боба та 125–130 діб до фізіологічно стиглого насіння [45, 46].

Подовження тривалості вегетації рослин квасолі, як правило, негативно впливає на розвиток рослин квасолі звичайної. Вчені стверджують, що процес формування квіток, тривалість цвітіння, запліднення і формування бобів повною мірою залежать від кліматичних чинників. Найкращі умови для запліднення спостерігаються за температури повітря 20-27 °С і вологості 45-60 %. Зазвичай тривалість періодів сходи-цвітіння і цвітіння-дозрівання у квасолі майже однакова, з деякими коливаннями. Цвітіння у дуже ранньостиглих генотипів починається на 28–30 добу, у пізньостиглих – на 55-57 [49]. У період цвітіння і на початку наливання бобів надземна маса квасолі починає розвиватись більш інтенсивно та накопичує ще 30 % сухої речовини. Хоча ріст рослин після кінця цвітіння майже припиняється, накопичення сухої речовини триває до повної стиглості насіння, і за цей період ще додається її до 40 %. Процес формування квіток, тривалість цвітіння, запліднення і формування бобів залежать від кліматичних чинників. Дощова

і прохолодна погода гальмує цвітіння, спричиняє обпадання бутонів і стерильність квіток [47, 48].

У результаті проведених в Закарпатті України досліджень нами встановлено, що в середньому вегетаційний період середньостиглих сортів квасолі (табл. 3.1), залежно від варіанта удобрення та інокуляції насіння Ризобофітом, варіював у сортів Надія, Мавка та Перлина від 79 до 102 діб.

Таблиця 3.1

Тривалість вегетаційного періоду сортів квасолі залежно від удобрення та передпосівної інокуляції насіння, діб

Сорт	Варіант удобрення	Рік						Середнє за 2018–2020 рр.			
		2018		2019		2020		б/і	і		
		проведення передпосівної інокуляції*									
		б/і	і	б/і	і	б/і	і			б/і	і
Надія	Без добрив (контроль)	80	83	84	87	73	76	79	82		
	N ₃₀ P ₂₀ K ₁₀	82	86	87	91	74	78	81	85		
	N ₆₀ P ₄₀ K ₂₀	85	88	90	93	77	80	84	87		
	N ₉₀ P ₆₀ K ₃₀	88	89	93	94	80	80	87	88		
	N ₁₂₀ P ₈₀ K ₄₀	89	89	96	96	81	81	89	89		
Мавка	Без добрив (контроль)	86	92	91	94	83	86	87	91		
	N ₃₀ P ₂₀ K ₁₀	89	96	95	100	85	88	90	95		
	N ₆₀ P ₄₀ K ₂₀	93	99	99	104	88	89	93	97		
	N ₉₀ P ₆₀ K ₃₀	97	99	102	103	92	92	97	98		
	N ₁₂₀ P ₈₀ K ₄₀	100	100	106	106	95	95	100	100		
Перлина	Без добрив (контроль)	89	92	94	98	83	85	89	92		
	N ₃₀ P ₂₀ K ₁₀	93	97	97	101	85	89	92	96		
	N ₆₀ P ₄₀ K ₂₀	96	99	100	105	88	93	95	99		
	N ₉₀ P ₆₀ K ₃₀	99	100	105	105	92	92	99	99		
	N ₁₂₀ P ₈₀ K ₄₀	102	102	107	107	95	96	101	102		
NIP _{0,5} – 1,8		чинник А – 1,3		чинник Б – 0,9		чинник В – 0,5					

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

Найдовший період вегетації сортів квасолі відмічено нами у найбільш наближеному за показниками до типових погодно-кліматичних умов та

сприятливому для росту і розвитку рослин квасолі 2019 році. Достатня кількість опадів у травні, червні та липні (92, 109,2 та 85 мм опадів відповідно) викликала подовження фази цвітіння, інтенсивніше наростання вегетативної маси та збільшення висоти рослин. Загалом, вегетація рослин досліджуваних сортів квасолі подовжилася на тиждень відносно середнього за три роки показника. У 2019 році для досягнення повної стиглості сорту Надія знадобилося, залежно від удобрення та інокуляції насіння Ризобофітом, від 84 до 96 діб, сорту Мавка від 91 до 106 діб, сорту Перлина від 94 до 107 діб. У найсухішому за роки досліджень 2020 році вегетація досліджуваних сортів була найкоротшою і варіювала залежно від чинників, поставлених на вивчення, у сорту Надія 73–81 доба, у сорту Мавка – 83–95, у сорту Перлина – 85–96 діб відповідно. Сорт Надія досягав раніше за інші та період вегетації в нього був на 8–13 діб коротший.

Період вегетації сортів квасолі в середньому за роки досліджень на варіантах із застосуванням інокуляції насіння, порівняно з варіантами без інокуляції насіння на різному фоні удобрення, був довшим на 3–5 діб до варіанта з внесенням добрив в нормі $N_{60}P_{40}K_{20}$ включно. На варіантах досліду без інокуляції насіння Ризобофітом зі збільшенням норми внесення азотних добрив пропорційно подовжувалась вегетація всіх досліджуваних сортів. Зокрема, у середньому за роки досліджень від контрольного варіанта (без добрив) до збільшення азотних добрив до 120 кг/га д. р. на фоні $P_{80}K_{40}$ вегетація досліджуваних сортів квасолі подовжувалася на 13–15 діб.

За внесення азотних добрив у нормі від 90 до 120 кг/га на фоні збільшення норми внесення фосфорно-калійних добрив, період вегетації був однаковим, як у варіантах із застосуванням інокуляції Ризобофітом, так і без неї. Разом з цим, внесення добрив у нормі $N_{90}P_{60}K_{30}$ та $N_{120}P_{80}K_{40}$ призводило до пригнічення нітрогеназної активності бульбочок на коренях досліджуваних сортів квасолі та живлення рослин відбувалося виключно за рахунок мінеральних форм добрив.

3.2 Тривалість міжфазних періодів в онтогенезі рослин квасолі

При вивченні процесу формування врожаю культурних рослин проблема їх росту і розвитку є головною в агрономічній науці. Ріст і розвиток рослин відображають всю сукупність процесів взаємодії організмів з чинниками зовнішнього середовища, тому застосовуючи ті чи інші технологічні прийоми, можна впливати на умови життя та процеси росту і розвитку рослин в агробіоценозах [49, 50, 51].

Перший період в онтогенезі рослин квасолі характеризується тим, що молодий проросток, який розвивається, живиться за рахунок пластичних речовин насінини і лише після появи сім'ядолей на поверхні ґрунту, рослина починає засвоювати вуглекислоту повітря і поживні речовини з ґрунту [52]. Тому, створення сприятливих умов для росту і розвитку рослин квасолі, особливо в перші 40 діб вегетації, відіграє важливе значення у формуванні високих врожаїв насіння цієї культури [53, 54].

Цвітіння рослин квасолі дуже ранньостиглих генотипів зазвичай починається на 36–42 добу, у пізньостиглих – на 55–57 [55]. У результаті проведених нами досліджень найменша середня тривалість міжфазного періоду повних сходів – третього трійчастого листка відмічена у сорту квасолі Надія – 10–14 діб, дещо більшою – 12–17 і 13–17 діб була у сортів Мавка та Перлина, зростаючи під впливом інокуляції та норм внесення мінеральних добрив (табл. 3.2). Проте, вплив інокуляції на тривалість міжфазних періодів квасолі звичайної спостерігався вже на початку цвітіння. До вказаного періоду варіанти без інокуляції та з інокуляцією Ризобофітом за тривалістю міжфазних періодів значно не відрізнялися. На початку вегетації більш суттєво на подовженість періодів росту впливали генетичні особливості сорту та мінеральні добрива.

Таблиця 3.2

Тривалість міжфазних періодів квасолі залежно від удобрення та передпосівної інокуляції насіння, діб (середнє за 2018–2020 рр.)

Сорт	Варіант удобрення	Тривалість від фази повних сходів до									
		третього трійчастого листка		бутонізації		цвітіння		наливу бобів		повної стиглості	
		проведення передпосівної інокуляції*									
		б/і	і	б/і	і	б/і	і	б/і	і	б/і	і
Надія	Без добрив (контроль)	10	10	29	30	39	42	61	64	79	82
	N ₃₀ P ₂₀ K ₁₀	11	12	31	32	41	45	63	67	81	85
	N ₆₀ P ₄₀ K ₂₀	12	12	31	32	44	47	66	69	84	87
	N ₉₀ P ₆₀ K ₃₀	12	13	31	32	47	48	69	71	87	88
	N ₁₂₀ P ₈₀ K ₄₀	14	14	33	33	49	49	71	71	89	89
Мавка	Без добрив (контроль)	12	12	32	32	41	44	66	70	87	91
	N ₃₀ P ₂₀ K ₁₀	13	13	32	33	45	50	69	74	90	95
	N ₆₀ P ₄₀ K ₂₀	14	14	34	34	48	52	72	75	93	97
	N ₉₀ P ₆₀ K ₃₀	15	15	34	35	52	55	76	77	97	98
	N ₁₂₀ P ₈₀ K ₄₀	17	17	34	35	55	57	79	79	100	100
Перлина	Без добрив (контроль)	13	13	33	33	42	46	66	69	89	92
	N ₃₀ P ₂₀ K ₁₀	14	14	33	34	45	49	70	74	92	96
	N ₆₀ P ₄₀ K ₂₀	15	15	35	35	48	52	73	77	95	99
	N ₉₀ P ₆₀ K ₃₀	15	16	36	37	52	55	77	78	99	99
	N ₁₂₀ P ₈₀ K ₄₀	17	17	36	37	56	58	79	80	101	102
НІР _{0,5}		1,12		2,08		2,15		2,27		2,14	

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

На контрольних варіантах досліду (без добрив та інокуляції насіння) початок цвітіння рослин квасолі у сорту Надія зафіксовано через 39 діб після фази повних сходів, у сортів Мавка та Перлина – через 41 і 42 доби відповідно. За інокуляції Ризобіфітом початок цвітіння відмічено пізніше на 3–4 доби. Зокрема, у сорту Надія цвітіння настало через 42 доби після фази повних сходів, у сортів Мавка та Перлина – через 44 та 46 діб. Початок наливу бобів на цих же варіантах без внесення добрив та без інокуляції

відзначено відповідно через 61 та 66 діб. На варіантах з інокуляцією насіння квасолі Ризобофітом у сортів Надія, Мавка та Перлина відмічено через 64, 70 та 69 діб відповідно, що на 3–4 діб довше порівняно з варіантами без інокуляції насіння.

Рівень забезпеченості елементами мінерального живлення також неабияк впливає на тривалість міжфазних періодів в онтогенезі рослин квасолі. Зокрема, при збільшенні норми внесення мінеральних добрив у нормі $N_{120}P_{80}K_{40}$ в другій половині вегетації культури настання фаз росту відмічено на 10–13 діб пізніше залежно від чинників, які вивчали, у всіх досліджуваних сортів квасолі, порівняно з контрольним варіантом. На початку вегетації різниця була меншою і становила 3–4 доби. Причому, на варіантах із проведенням інокуляції та удобренням у нормі $N_{60}P_{40}K_{20}$ (включно) зафіксовано подовження цих періодів на 5–7 діб. За подальшого збільшення норм мінеральних добрив (до $N_{120}P_{80}K_{40}$ кг/га д. р.) настання фаз відбувалося за однаковий період, як з інокуляцією насіння, так і без неї.

Різницю в тривалості міжфазних періодів нами було відмічено під впливом гідротермічних умов кожного року окремо. Зокрема, у 2018 році тривалість міжфазних періодів відповідала або була наближеною до біологічних особливостей даних сортів та варіювала залежно від мінерального живлення, а також інокуляції насіння. У 2019 році тривалість міжфазних періодів значно подовжилась за рахунок високих температур та тривалих дощів у червні та липні. У сортів Надія, Мавка та Перлина фаза повної стиглості наступила відповідно через 96, 106 та 107 діб залежно від варіантів досліду, що були поставлені на вивчення. Різниця між варіантами із проведенням інокуляції та без неї становила 3–5 діб. Зі збільшенням норми внесення мінеральних добрив до $N_{120}P_{80}K_{40}$ кг/га д. р. настання фаз в даному році відбувалось одночасно, незалежно від інокуляції насіння.

У 2020 році вегетація рослин квасолі пройшла швидше і тривалість міжфазних періодів була коротшою за роки проведення досліджень. Міжфазні періоди в даному році у зв'язку з посушливими та жаркими

погодними умовами вегетаційного періоду тривали на 4–12 діб менше, ніж в 2018, та особливо, за дощового 2019 року. У сорту квасолі Надія фаза повної стиглості зерна на контрольних варіантах досліду без інокуляції відмічена на 73 добу, з інокуляцією насіння Ризобофітом – на 76 добу після повних сходів. У сортів Мавка та Перлина на даних варіантах досліду повну стиглість зафіксовано на 83 та 85–86 добу. На варіантах досліду з внесенням $N_{120}P_{80}K_{40}$ кг/га д. р. мінеральних добрив та без інокуляції повна стиглість зерна відмічена у сорту Надія на 81, у сортів Мавка та Перлина – на 95 добу.

Отже, тривалість міжфазних періодів в онтогенезі квасолі та їх співвідношення різнилися між собою під впливом погодних умов вегетаційного року (різниця по роках за настанням фаз складала до 15 діб залежно від сорту та досліджуваних чинників), норм мінеральних добрив (збільшення норм мінеральних добрив від $N_{30}P_{20}K_{10}$ до $N_{120}P_{80}K_{40}$ кг/га д. р. подовжувало настання фаз розвитку до 12 діб), та сортових особливостей (хоча всі досліджувані сорти належать до середньостиглої групи сортів, різниця в настанні фаз розвитку, залежно від досліджуваних чинників, між сортами складала до 13 діб).

3.3 Динаміка формування висоти рослин квасолі

Висота рослин квасолі є важливим чинником, який впливає на її продуктивність. За динамікою цього показника впродовж вегетації можна судити про те, як склалися умови росту і розвитку рослин в онтогенезі. Детальний аналіз темпів росту стебла дає можливість з'ясувати найбільш оптимальні умови для формування високопродуктивних агрофітоценозів сільськогосподарських рослин, зокрема і квасолі [45, 46]. Детальний аналіз висоти рослин дає можливість з'ясувати найбільш оптимальні умови для формування високопродуктивних агрофітоценозів сільськогосподарських рослин, зокрема і квасолі. Вивчення темпів росту та розвитку рослин квасолі в онтогенезі дає можливість розкрити найбільш важливі залежності процесу

формування високої продуктивності цієї культури [48, 49]. Ця ознака в онтогенезі рослин квасолі піддається значним змінам. З огляду на це, вивчення темпів росту і розвитку рослин квасолі дає змогу розкрити та сформулювати наукові основи формування високопродуктивних агроценозів квасолі.

Зважаючи на отримані дані за роки проведення досліджень можна зробити висновок, що на висоту рослин квасолі впливають як погодні умови досліджуваних років, так і генетичні особливості сорту, а також елементи технології, що входили до схеми нашого досліджу – передпосівна інокуляція насіння, удобрення.

У процесі наших досліджень було виявлено, що в середньому за роки досліджень висота рослин квасолі зростала за збільшення норм мінеральних добрив від контролю до $N_{120}P_{80}K_{40}$ кг/га д. р. незалежно від інокуляції насіння (рис. 3.1). У фазу сходів різниця між варіантами досліджу з удобренням була незначною і становила 3,2 см у сорту Надія, 3,1 см у сорту Мавка та 3,5 см у сорту Перлина. Починаючи з фази бутонізації, різниця між варіантами з внесенням добрив збільшувалася. Зокрема, у сорту Надія у фазу цвітіння різниця у висоті рослин на варіантах досліджу без інокуляції насіння та з інокуляцією залежно від удобрення досягала 8,7 та 7,8 см, сорту Мавка – 13,1 та 12,6 см, сорту Перлина – 11,7 та 11,6 см відповідно.

Відмічено, що різниця у висоті рослин на варіантах із проведенням інокуляції була досить значною при застосуванні норм добрив до $N_{60}P_{40}K_{20}$ (включно), порівняно з варіантами без інокуляції. Однак, подальше збільшення норм добрив до $N_{120}P_{80}K_{40}$ кг/га д. р. пригнічувало діяльність бульбочкових бактерій, що призвело до того, що як у варіантах із проведенням інокуляції, так і без неї, висота була майже на однаковому рівні. Тобто, даний показник на цих варіантах формувався виключно за рахунок мінерального живлення. Слід відзначити, що на висоту рослин квасолі насамперед значно вплинули гідротермічні умови вегетаційного періоду.

Більш сприятливими та характерними для цієї культури були співвідношення температури повітря та надходження опадів у 2018 та 2019 роках, де за таких умов темпи росту досліджуваних сортів квасолі повною мірою відповідали генетичним особливостям цих сортів. У 2020 році через недостатню кількість опадів упродовж всієї вегетації квасолі висота рослин була суттєво нижчою приблизно на 35–40 % (залежно від фази розвитку), ніж характерна ознака для кожного досліджуваного сорту за загальною ботанічною характеристикою сортів.

За період проведення досліджень нами відмічено, що як і в попередньому досліді зі збільшенням норми внесення мінеральних добрив та з подовженням подальших фенологічних фаз культури, збільшувалась висота рослин досліджуваних сортів квасолі.

За роки проведення досліджень сорт Перлина характеризувався більш інтенсивним наростанням вегетативної маси та швидким темпом збільшення висоти рослин, порівняно з сортами Мавка та особливо Надія. Зокрема, у середньому за роки проведення досліджень у фазу наливу бобів даний показник, залежно від удобрення та інокуляції насіння Ризобофітом, зростав у вищезазначеного сорту від 52,0 до 64,4 см, тоді як у сорту Мавка він варіював від 46,7 до 58,8 см відповідно.

Найнижчого значення з аналогічною тенденцією до зміни, залежно від чинників впливу за висотою рослин, досягав сорт Надія. Зокрема, у сорту Надія висота рослин зростала від 40,6 см (без інокуляції, $N_{120}P_{80}K_{40}$, фаза наливу бобів) до 52,5 см (інокуляція Ризобофітом, $N_{120}P_{80}K_{40}$, фаза

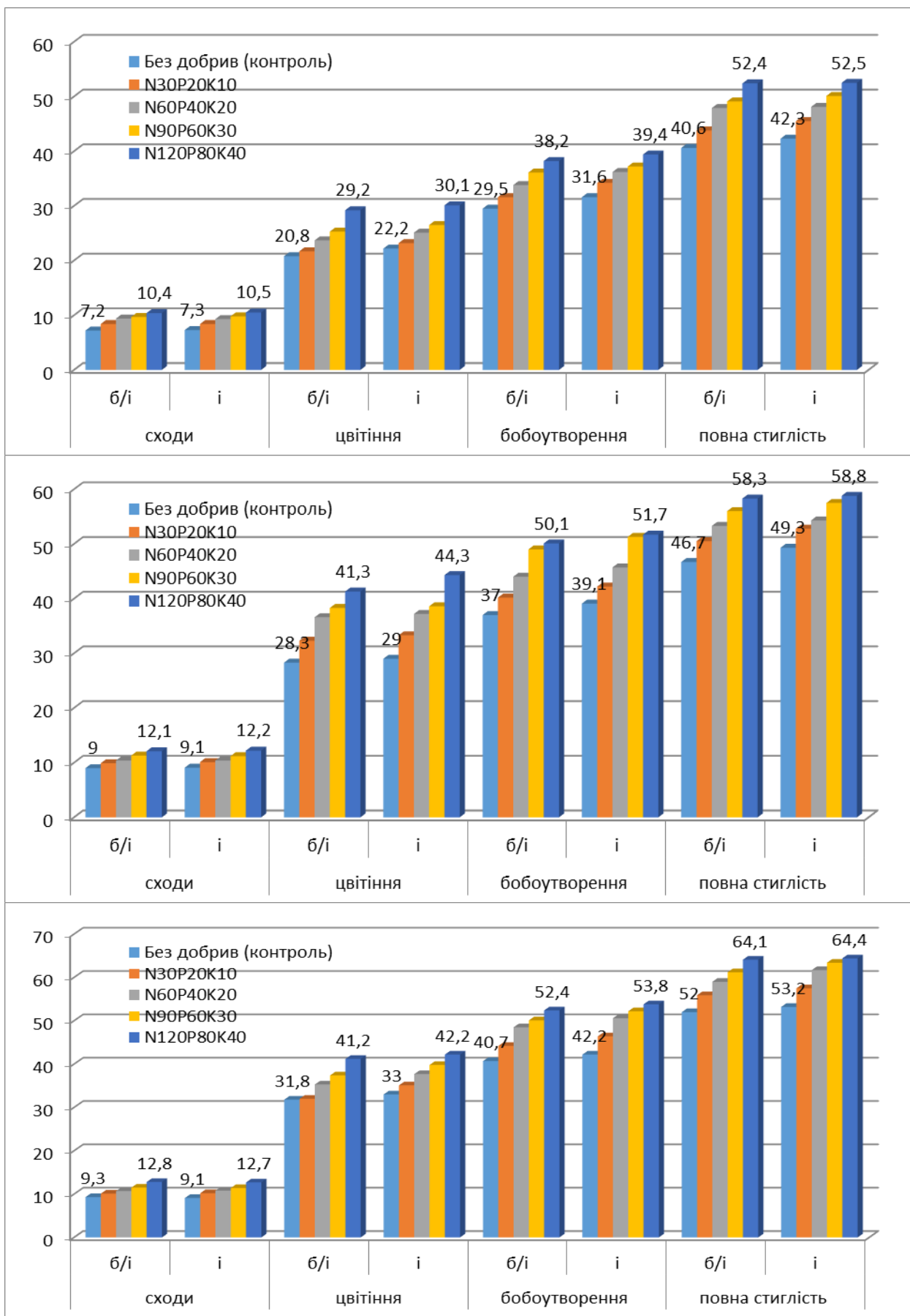


Рис. 3.1 Висота рослин квасолі сортів Надія, Мавка та Перлина залежно від удобрення та передпосівної інокуляції насіння, см (середнє за 2018–2020 рр.)

наливу бобів). Результати досліджень дали нам змогу стверджувати, що висоту рослин квасолі зумовлювали, насамперед, гідротермічні умови року проведення досліджень. Також не менш важливий чинник – генетичні особливості сорту, і чинники, які були поставлені на вивчення, а саме удобрення (збільшення норм внесення мінеральних добрив до $N_{120}P_{80}K_{40}$ спричиняло збільшення висоти на 20–40 %, порівняно з контрольними варіантами) та проведення інокуляції насіння Ризобофітом (за удобрення до $N_{60}P_{40}K_{20}$ кг/га д. р. зумовило збільшення даного показника на 2–10 %, порівняно з варіантами без інокуляції, подальше збільшення добрив до $N_{120}P_{80}K_{40}$ – на однаковому рівні або на 1–6 %).

3.4. Густота стояння та виживання рослин квасолі в онтогенезі

З метою формування високих урожаїв квасолі слід забезпечити оптимальну кількість рослин на одиниці площі. Як за зріджених, так і загущених посівів урожайність культури знижується, що пояснюється формуванням недосконалої оптико-біологічної моделі посіву і, як наслідок, нераціональним використанням енергії ФАР. Зріджені посіви квасолі, отримані за зниженої норми висіву насіння, більшою мірою заростають бур'янами та неповною мірою використовують вологу і поживні речовини з ґрунту [50]. У загущених посівах рослини потерпають від нестачі світла, поживних речовин, вологи тому досить слабо розвиваються і дають врожаї зі щуплим зерном [51].

Формотворчі процеси у посівах квасолі суттєво залежать від сортових особливостей, застосування норм мінеральних добрив та проведення інокуляції насіння Ризобофітом (табл. 3.4). Вплив високих норм внесення мінеральних добрив на схожість культури проявився у зниженні показників густоти сходів. Так, внесення $N_{120}P_{80}K_{40}$ призвело до зниження цього показника на 2-7 % відносно варіанта з внесенням $N_{60}P_{40}K_{20}$, де кількість рослин квасолі у фазу повних сходів була найбільшою. Внесення $N_{90}P_{60}K_{30}$

також спричинило зниження густоти сходів, хоч і в меншій мірі. Причиною цього явища, на думку дослідників [45, 51], є утворення ґрунтового розчину з високим осмотичним тиском, що призводить до зменшення кількості пророслих насінин.

Таблиця 3.4

Густота стояння та виживання рослин сортів квасолі залежно від удобрення та передпосівної інокуляції насіння (середнє за 2018–2020 рр.)

Сорт	Варіант удобрення	Фаза росту рослин									
		повні сходи				повна стиглість					
		к-сть рослин шт./м ²		% від норми висіву		к-сть рослин шт./м ²		% від норми висіву		% від сходів	
		*проведення передпосівної інокуляції									
		б/і	і	б/і	і	б/і	і	б/і	і	б/і	і
Надія	Без добрив (контроль)	40,4	40,6	80,8	81,2	35,0	35,6	70,0	71,2	86,6	87,7
	N ₃₀ P ₂₀ K ₁₀	41,0	41,2	82,0	82,4	36,0	36,5	72,0	73,0	87,8	88,6
	N ₆₀ P ₄₀ K ₂₀	42,4	42,5	84,8	85,0	37,1	37,8	74,2	75,6	87,5	88,9
	N ₉₀ P ₆₀ K ₃₀	41,7	41,7	83,4	83,4	36,5	36,9	73,0	73,8	87,5	88,5
	N ₁₂₀ P ₈₀ K ₄₀	41,2	41,0	82,4	82,0	36,2	36,5	72,4	73,0	87,9	89,0
Мавка	Без добрив (контроль)	42,2	42,9	84,3	85,8	37,8	38,9	75,6	77,8	89,6	90,7
	N ₃₀ P ₂₀ K ₁₀	43,0	43,5	86,1	87,0	38,7	39,5	77,4	79,0	90,0	90,8
	N ₆₀ P ₄₀ K ₂₀	44,7	44,9	89,4	89,7	41,1	41,8	82,2	83,6	91,9	93,1
	N ₉₀ P ₆₀ K ₃₀	43,8	43,9	87,5	87,7	40,4	40,8	80,8	81,6	92,2	92,9
	N ₁₂₀ P ₈₀ K ₄₀	43,1	43,1	86,2	86,2	39,7	40,3	79,4	80,6	92,1	93,5
Перлина	Без добрив (контроль)	40,1	40,6	80,3	81,1	36,2	36,7	72,4	73,4	90,3	90,4
	N ₃₀ P ₂₀ K ₁₀	40,7	41,0	81,5	81,9	37,2	37,9	74,4	75,8	91,4	92,4
	N ₆₀ P ₄₀ K ₂₀	42,0	42,3	83,9	84,6	40,2	41,0	80,4	82,0	95,7	96,9
	N ₉₀ P ₆₀ K ₃₀	41,3	41,4	82,6	82,9	39,2	39,8	78,4	79,6	94,9	96,1
	N ₁₂₀ P ₈₀ K ₄₀	41,0	40,9	81,9	81,7	38,8	39,1	77,6	78,2	94,6	95,6

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

У процесі проведених нами досліджень було виявлено найвищий відсоток польової схожості рослин у сорту Мавка, що пов'язано, на нашу думку, з вищою масою 1000 насінин (280 г), порівняно з іншими досліджуваними сортами квасолі. Максимальну ступінь схожості насіння виявлено у варіанті з проведенням інокуляції та за внесенням $N_{60}P_{40}K_{20}$ – 89,7 %, що на 0,3 % більше ніж у варіанті за тих же норм добрив, але без інокуляції та на 2,7 % більше ніж на абсолютному контролі. У сорту Перлина – відповідно 84,6 %, порівняно з 83,9 ($N_{60}P_{40}K_{20}$ без інокуляції) та 80,3 % (абсолютний контроль). У сорту Надія – відповідно 85,0 %, порівняно з 84,8 ($N_{60}P_{40}K_{20}$ без інокуляції) та 80,8 % (абсолютний контроль).

У процесі проведених нами досліджень було виявлено, що залежно від сортових особливостей вищий відсоток виживання рослин відмічено у сорту Перлина, нижчий – у сорту Надія. У фазу повної стиглості на варіанті досліду із проведенням інокуляції насіння Ризобіфітом та за внесення $N_{60}P_{40}K_{20}$ виживання рослин квасолі було найвищим і становило у сорту Перлина 96,9 %, сорту Мавка – 93,1 та сорту Надія – 88,9 % від кількості рослин, які зійшли.

На схожість насіння квасолі та виживання рослин упродовж вегетації значно впливали безпосередньо гідротермічні умови років проведення досліджень (додатки Н). Так, нижчу польову схожість насіння квасолі та виживання рослин упродовж вегетації зафіксовано нами в посушливому та спекотному 2018 році (ГТК за вегетацію 0,94). Кількість рослин на 1 м² у фазу повних сходів у сорту Надія, залежно від інокуляції та внесених добрив, варіювала в межах 37,4–39,5, що становило 74,8–79 % від норми висіву. У сорту Мавка даний показник становив 39,2–41,9 шт./м² або 78,4–83,8 %, сорту Перлина – 37,1–39,3 шт./м² або 74,2–78,6 % відповідно. У сприятливому за зволоженням 2017 році (ГТК за вегетацію 1,86) кількість рослин на 1 м² у фазу повних сходів у сорту Надія, залежно від інокуляції та внесених добрив, варіювала в межах 44,4–46,5 або 88,8–93,0 % від норми висіву, сорту Мавка – 46,2–48,9 шт./м² або 92,4–97,8 %, сорту Перлина –

44,1–46,3 шт./м² або 88,2–92,6 % відповідно.

Проведені нами дослідження показали, що значний вплив на ріст і розвиток рослин квасолі в умовах Закарпаття України мали чинники, що були визначені нами для дослідження, сортові особливості квасолі, а також прямий та опосередкований вплив мали гідротермічні умови вегетаційних років. Високі норми внесення мінеральних добрив – $N_{120}P_{80}K_{40}$ обумовлювали подовження вегетаційного періоду досліджуваних сортів до 12 діб порівняно з контролем, в результаті чого й настання фенологічних фаз також затягнулося у часі. Висота рослин, під впливом даного чиннику, залежно від фази росту та розвитку рослин, сортових особливостей, також збільшувалась 20–40 % порівняно з контрольними варіантами.

За передпосівної обробки насіння Ризобіфітом тривалість вегетації та настання фенофаз також подовжувались від 3 до 5 діб, порівняно з варіантами без інокуляції. Висота рослин збільшувалась на 1–10 % залежно від норми внесення мінеральних добрив. Зокрема суттєве подовження міжфазних періодів та вегетації рослин цілому, а також збільшення висоти рослин квасолі спричинили умови 2019 року з високими температурами та дрібними, затяжними дощами, у якому період вегетації порівняно з іншими роками збільшився на 12–14 діб. Міжфазні періоди в онтогенезі рослин квасолі та вегетаційний період загалом за посушливого та спекотного 2018 року тривали на 4–12 діб менше. На формування густоти та загальне виживання рослин квасолі позитивно впливали інокуляція насіння, низькі та середні норми внесення мінеральних добрив ($N_{30}P_{20}K_{10}$ та $N_{60}P_{40}K_{20}$ кг/га д. р.).

3.5. Урожайність квасолі залежно від удобрення та інокуляції

Використання добрив у технології вирощування квасолі є одним із найбільш ефективних заходів підвищення її врожайності. Доведено, що оптимізована система удобрення із урахуванням потреби рослин у поживних

речовинах за етапами органогенезу може забезпечити найвищу врожайність культури [45, 46]. Дослідники відносять квасолю до культур, вимогливих до поживного режиму ґрунту [48, 51]. Ба більше, на думку ряду вчених [45, 46], вона є найвимогливішою до родючості ґрунту серед зернобобових і досить чутлива до внесення мінеральних добрив. Ці висновки знайшли своє підтвердження і в наших дослідженнях.

Мінеральні добрива сприяли зростанню врожайності культури. Найвищу середню урожайність формував сорт Перлина у варіанті з проведенням інокуляції насіння та за удобрення $N_{60}P_{40}K_{20}$ кг/га д. р., яка становила 2,67 т/га, що на 0,24 т/га більше, ніж у варіанті без інокуляції за тих же норм добрив та на 0,69 т/га більше за абсолютний контроль (табл. 5.5, додаток С). У варіанті за внесення $N_{60}P_{40}K_{20}$ та інокуляції насіння Ризобофітом урожайність сорту Мавка становила 2,49 т/га, що на 0,25 т/га більше, ніж у варіанті без інокуляції за тих же норм добрив та на 0,59 т/га більше за абсолютний контроль.

Сорт Надія найвищу врожайність – 2,28 т/га теж формував на варіанті досліду $N_{60}P_{40}K_{20}$ + інокуляція Ризобофітом. Найвищу врожайність на варіантах досліду без проведення інокуляції Ризобофітом – 2,15, 2,37 та 2,61 т/га у сортів Надія, Мавка та Перлина відмічено за удобрення в нормі $N_{90}P_{60}K_{30}$ кг/га д. р., що відповідно на 0,48, 0,47 та 0,63 т/га вище порівняно з урожайністю на абсолютному контролі, яка становила 1,67, 1,90 та 1,98 т/га відповідно (рис. 3.2).

Найбільшого приросту врожаю досліджуваних сортів вдалося досягти за використання низьких та середніх норм азотних на фоні фосфорно-калійних добрив. Приріст урожайності від внесення добрив у сорту Надія становив від 16,2 до 28,7 %, у сорту Мавка – від 12,1 до 24,7, у сорту Перлина – від 14,6 до 31,8 %. Приріст врожаю досліджуваних сортів квасолі від проведення передпосівної інокуляції за різних норм добрив у сорту Надія становив від 9,2 до 16,3 %, у сорту Мавка – від 12,3 до 22,1, у

Таблиця 3.5

Урожайність квасолі залежно від удобрення та інокуляції насіння, т/га
(середнє за 2018–2020 рр.)

Варіант удобрення	Урожайність, т/га		Приріст врожаю від							
			добрив				інокуляції насіння		добрив + інокуляції	
	*б/і	*і	*б/і		*і		т/га	%	т/га	%
			т/га	%	т/га	%				
Надія										
Без добрив (контроль)	1,67	1,96	-	-	-	-	0,29	17,4	-	-
N ₃₀ P ₂₀ K ₁₀	1,94	2,14	0,27	16,2	0,18	9,2	0,20	10,3	0,47	28,1
N ₆₀ P ₄₀ K ₂₀	2,05	2,28	0,38	22,8	0,32	16,3	0,23	11,2	0,61	36,5
N ₉₀ P ₆₀ K ₃₀	2,15	2,18	0,48	28,7	0,22	11,2	0,03	1,4	0,51	30,5
N ₁₂₀ P ₈₀ K ₄₀	2,11	2,15	0,44	26,3	0,19	9,7	0,04	1,9	0,48	28,7
Мавка										
Без добрив (контроль)	1,90	2,04	-	-	-	-	0,14	7,4	-	-
N ₃₀ P ₂₀ K ₁₀	2,13	2,29	0,23	12,1	0,25	12,3	0,16	7,5	0,39	20,5
N ₆₀ P ₄₀ K ₂₀	2,24	2,49	0,34	17,9	0,45	22,1	0,25	11,2	0,59	31,1
N ₉₀ P ₆₀ K ₃₀	2,37	2,41	0,47	24,7	0,37	18,1	0,04	1,7	0,51	26,8
N ₁₂₀ P ₈₀ K ₄₀	2,33	2,37	0,43	22,6	0,33	16,2	0,04	1,7	0,47	24,7
Перлина										
Без добрив (контроль)	1,98	2,14	-	-	-	-	0,16	8,1	-	-
N ₃₀ P ₂₀ K ₁₀	2,27	2,40	0,29	14,6	0,26	12,1	0,13	5,7	0,42	21,2
N ₆₀ P ₄₀ K ₂₀	2,43	2,67	0,45	22,7	0,53	24,8	0,24	9,9	0,69	34,8
N ₉₀ P ₆₀ K ₃₀	2,61	2,62	0,63	31,8	0,48	22,4	0,01	0,4	0,64	32,3
N ₁₂₀ P ₈₀ K ₄₀	2,52	2,54	0,54	27,3	0,40	18,7	0,02	0,8	0,56	28,3
HP _{0,5} – 0,37			чинник А – 0,12			чинник Б – 0,15			чинник В – 0,10	

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

сорт Перлина – від 12,1 до 24,8 %. Максимальний приріст врожаю квасолі було отримано за внесення добрив у нормі N₆₀P₄₀K₂₀ кг/га д. р. у комплексі з проведенням передпосівної інокуляції, який становив відповідно 36,5 % у сорту Надія, 31,1 – у сорту Мавка та 34,8 % у сорту Перлина.

Найвищий приріст врожаю у досліджуваних сортів зафіксовано у

варіантах з інокуляцією насіння та за різних норм добрив, порівняно з абсолютним контролем. У сорту Надія приріст від внесення різних норм добрив та проведення інокуляції становив від 0,47 до 0,61 т/га, у сорту Мавка – від 0,39 до 0,59 т/га, у сорту Перлина – від 0,42 до 0,69 т/га. Незважаючи на незначний вплив окремо чиннику: проведення інокуляції та застосування добрив, доведено їх суттєвий, позитивний вплив у результаті взаємодії цих чинників. Вищезазначені прирости рівня врожайності вказують на високу ефективність проведення передпосівної інокуляції насіння за внесення помірних норм азотних добрив.

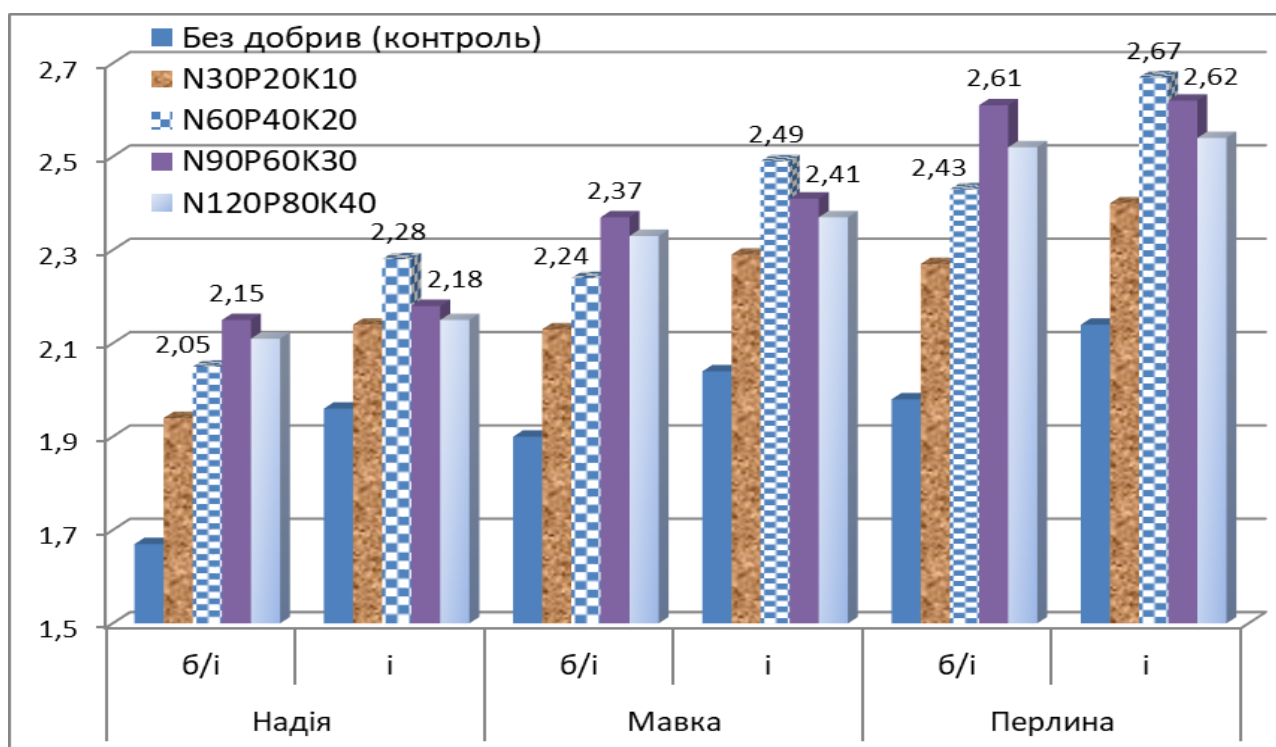


Рис. 3.2. Урожайність сортів квасолі залежно від удобрення та інокуляції насіння, т/га (середнє за 2018–2020 рр.)

Варто відмітити, що високі дози азотних добрив від N_{90} до N_{120} на фоні фосфорно-калійних добрив в поєднанні з інокуляцією насіння негативно вплинули на урожайність квасолі, яка в деяких варіантах була нижчою за врожайність на контрольних варіантах за рахунок пригнічення азотфіксації, де бульбочки хоча і утворювалися у невеликій кількості, проте нітрогеназна активність майже не відбувалась. Тому на варіантах з максимальними дозами азотних добрив, як за використання інокуляції насіння, так і без неї,

урожайність досліджуваних сортів квасолі була майже на одному рівні. Оскільки азотфіксації з повітря не відбувалося через відсутність нітрогеназної активності, то на цих варіантах, рослини мали виключно мінеральну форму живлення.

Збільшення норми азоту з N_{90} до N_{120} на фоні фосфорно-калійних добрив знижувало ефективність інокуляції у досліджуваних сортів квасолі. Тож очевидно як з економічної, так і з екологічної точки зору, доцільніше використовувати природний азот (за рахунок проведення передпосівної інокуляції насіння) на противагу використанню мінерального азоту для отримання врожаю в таких межах. Після комплексного аналізу всіх чинників впливу на продуктивність досліджуваних сортів квасолі, можна зробити висновок, що на приріст врожаю впливали норми мінеральних, зокрема азотних добрив (збільшення норми азотних добрив до 60 кг/га д. р. сприяло значним приростам урожайності квасолі порівняно з показником, отриманим на контролі), застосування біопрепарату на основі штамів бульбочкових бактерій (на варіантах із проведенням інокуляції насіння зі збільшенням азотних добрив у нормі до 60 кг/га д. р. відмічено вищу урожайність, порівняно з аналогічними варіантами без інокуляції насіння) та біологічні особливості сортів (найбільш високотехнологічним та продуктивним виявився сорт Перлина, який залежно від чинників, поставлених на вивчення формував найвищу урожайність, порівняно з іншими досліджуваними сортами).

Таким чином, урожайність сортів квасолі звичайної піддавалась суттєвим змінам впродовж років досліджень. Проте, кожен чинник впливу мав опосередковану та часткову дію на цей показник. Найбільший вплив на урожайність досліджуваних сортів квасолі мав чинник «Мінеральні добрива» – 53 %, дещо менший – 20 % – «Сорт», чинник «Погодні умови» – 13 % та «Інокуляція насіння» – 14 % (рис. 3.3).

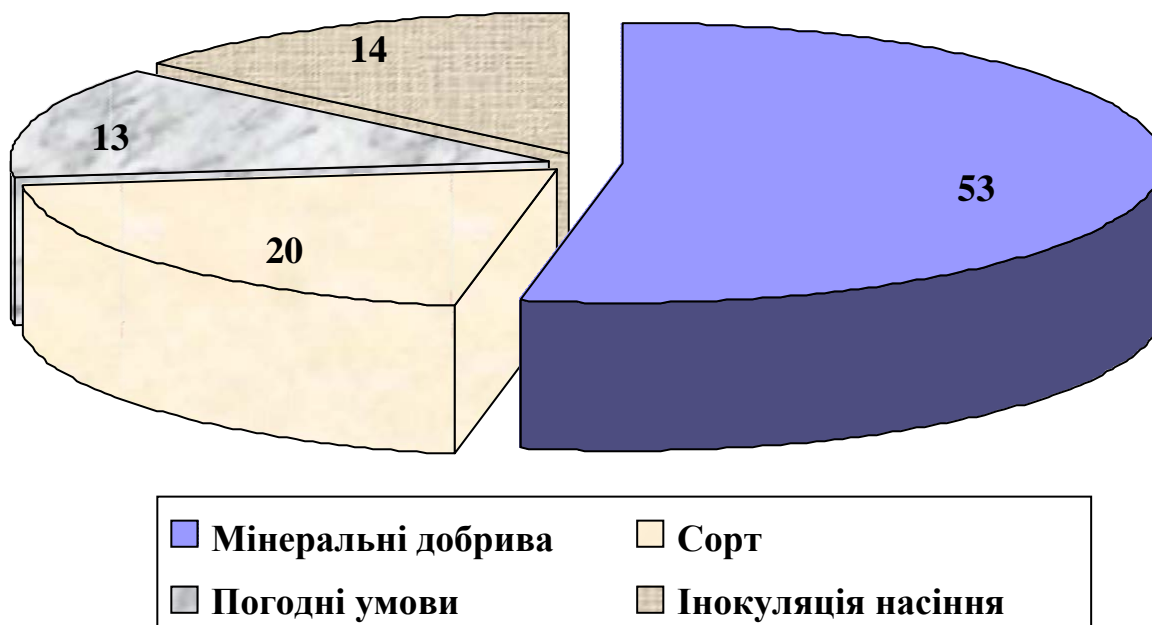


Рис. 3.3. Частка впливу чинників на урожайність насіння квасолі, %

Незважаючи на незначний вплив окремо чиннику: проведення інокуляції та застосування добрив, доведено їх суттєвий, позитивний вплив у результаті взаємодії цих чинників. Вищезазначені прирости рівня врожайності вказують на високу ефективність проведення передпосівної інокуляції насіння за внесення азотних добрив.

3.6. Вплив удобрення та інокуляції на якість зерна квасолі

Серед критеріїв оцінки ефективності систем удобрення одним з найголовніших є їх вплив на якість сільськогосподарської продукції. Тому, систему удобрення сільськогосподарських культур слід розглядати не лише як засіб підвищення їх урожайності, а й як потужний регулятор якості врожаю. Якість сільськогосподарської продукції – це комплексний показник, який включає вміст різноманітних органічних сполук, насамперед білків, вуглеводів, жирів і вітамінів, характеризуючи її поживну цінність, а також збалансованість за макро- і мікроелементами, технологічну якість продукції [50, 51]. Головна роль у формуванні зерна з високим вмістом перетравного протеїну належить азоту. Як відомо, квасоля споживає азот з ґрунту і повітря. Змінюючи умови азотного живлення рослин, можна на 20–50 % підвищити

вміст білка в зерні [52, 54].

Аналізуючи показники вмісту білка в зерні квасолі за роками досліджень (табл. 3.6), можна зробити висновок, що вони значною мірою залежали від гідротермічних умов року проведення досліджень. Так, у 2016 році зерно досліджуваних сортів квасолі, залежно від застосованої технології вирощування, містило 16,9–20,5 % білка, у 2017 році – 17,6–20,8 %, у 2018 році – 18,8–22,5 %. Найвищий вміст білка у зерні сорту Надія відмічено у спекотному та посушливому 2018 році, діапазон зміни якого становив від 21,6 до 22,5 %. Причому з підвищенням внесення мінеральних, і зокрема азотних, добрив даний показник зростає. На варіантах з інокуляцією насіння вміст білка в зерні був дещо вищим порівняно із варіантами без інокуляції, але до певної межі. Так, при збільшенні в нормі внесення азотних добрив до 60 кг/га д. р. відмічено зростання показника. Однак, за подальшого збільшення азотних норми до 120 кг/га д. р. вміст білка був майже в таких межах, що й на варіантах без інокуляції насіння. Дещо нижчий вміст білка у сорту Надія зафіксовано у 2017 році, який варіював залежно від норми внесення добрив та застосування інокуляції від 19,9 до 20,7 %, з аналогічною тенденцією щодо досліджуваних чинників. Найнижчий вміст білка відзначено в 2016 році, який зростає від 19,6 до 20,5 %, з аналогічною до попередніх років динамікою.

Дещо нижчий вміст білка в зерні відмічено у сорту Перлина, порівняно із сортом Надія. Динаміка формування даного показника була аналогічною до попереднього сорту, як за чинниками, що були поставлені на вивчення, так і за погодними умовами років. Зокрема, у 2018 році досліджуваний показник у даного сорту був в межах 19,5–20,4 %, у 2017 році – 18,3–19,1 % та у 2016 – 18,1–19,2 %. Сорт квасолі Мавка характеризувався найменшим вмістом білка в зерні, який в 2016 році варіював у діапазоні від 18,8 до 19,6 %, у 2017 році – від 17,6 до 18,6 % та у 2016 – від 16,9 до 18,1 %.

Таблиця 3.6

Вміст білка та жиру в зерні квасолі залежно від удобрення
та інокуляції насіння, %

Варіант удобрення	Надія				Мавка				Перлина			
	вміст у зерні, %											
	білка		жиру		білка		жиру		білка		жиру	
	*проведення інокуляції насіння											
	б/і	і	б/і	і	б/і	і	б/і	і	б/і	і	б/і	і
2018 рік												
Без добрив (контроль)	19,6	19,8	1,70	1,78	16,9	17,4	1,65	1,79	18,1	18,5	1,87	2,03
N ₃₀ P ₂₀ K ₁₀	19,8	20,1	1,73	1,86	17,1	17,5	1,72	1,83	18,5	18,7	1,91	2,01
N ₆₀ P ₄₀ K ₂₀	20,1	20,4	1,78	1,89	17,5	18,1	1,77	1,89	18,8	19,0	1,96	2,05
N ₉₀ P ₆₀ K ₃₀	20,3	20,3	1,81	1,82	17,6	17,7	1,79	1,79	18,9	18,9	1,99	2,01
N ₁₂₀ P ₈₀ K ₄₀	20,5	20,4	1,83	1,84	17,9	17,9	1,81	1,81	19,2	19,1	2,03	2,04
2019 рік												
Без добрив (контроль)	19,9	20,1	1,62	1,70	17,6	18,1	1,57	1,64	18,3	18,7	1,81	1,91
N ₃₀ P ₂₀ K ₁₀	20,3	20,4	1,64	1,73	17,9	18,5	1,60	1,71	18,7	18,9	1,87	1,94
N ₆₀ P ₄₀ K ₂₀	20,4	20,7	1,69	1,84	18,2	18,6	1,62	1,75	18,9	19,1	1,91	1,97
N ₉₀ P ₆₀ K ₃₀	20,6	20,5	1,73	1,75	18,5	18,5	1,64	1,63	19,0	18,9	1,92	1,93
N ₁₂₀ P ₈₀ K ₄₀	20,8	20,8	1,74	1,74	18,6	18,6	1,65	1,64	19,1	19,0	1,95	1,94
2020 рік												
Без добрив (контроль)	21,6	21,9	1,68	1,74	18,8	19,3	1,83	1,91	19,5	19,7	1,96	2,03
N ₃₀ P ₂₀ K ₁₀	21,8	22,1	1,73	1,76	19,2	19,4	1,88	1,97	19,9	20,0	2,02	2,08
N ₆₀ P ₄₀ K ₂₀	22,1	22,5	1,81	1,87	19,4	19,6	1,91	2,04	20,1	20,3	2,05	2,13
N ₉₀ P ₆₀ K ₃₀	22,2	22,3	1,83	1,84	19,5	19,5	1,97	1,98	20,2	20,1	2,07	2,09
N ₁₂₀ P ₈₀ K ₄₀	22,3	22,4	1,88	1,86	19,6	19,6	2,01	2,02	20,4	20,4	2,12	2,14

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

Вміст жиру в насінні квасолі залежав насамперед від характерних особливостей кожного досліджуваного сорту. Також важливу роль відіграли внесення різних норм добрив, інокуляція насіння і активність функціонування симбіотичної системи та, деякою мірою, погодні умови досліджуваних років. Діапазон зміни вмісту жиру в зерні квасолі в розрізі років, норм азотних добрив, проведення інокуляції і сортів, свідчить про значний потенціал квасолі щодо сталості його накопичення в насінні. Зокрема, найвищий вміст сирого жиру відмічено у сорту Перлина, який

варіював від вищезазначених чинників у 2020 році від 1,96 до 2,13 %, у 2019 році від 1,81 до 1,97 % і у 2018 році від 1,87 до 2,05 %. Дещо нижчий вміст жиру відмічено у сортів Мавка та Надія – 1,83–2,04 та 1,68–1,87 % у 2018 році, 1,57–1,75 та 1,62–1,84 % у 2017 році та 1,65–1,89 та 1,70–1,89 % у 2016 році відповідно. Зі збільшенням норм внесення азотних до 90 та 120 кг/га д.р. на фоні фосфорно-калійних добрив, у досліді зафіксовано зниження вмісту жиру у обох досліджуваних сортів, причому на варіантах з інокуляцією насіння він був дещо вищим.

Аналізуючи вміст білка в зерні квасолі у середньому за роки досліджень можна зробити висновок, що серед досліджуваних прийомів технології вирощування суттєвий вплив на цей показник спричиняли мінеральні добрива. Внесення високих доз азотних добрив від 90 до 120 кг/га д. р. пригнічувало діяльність бульбочкових бактерій, в результаті чого накопичення даного показника відбувалося лише за рахунок мінерального живлення рослин, тому вміст білка в зерні досліджуваних сортів на даних варіантах був практично однаковим.

На накопичення вмісту білка та жиру в зерні квасолі впливали як генетичні особливості сорту і норми внесення мінеральних добрив, так і інокуляція насіння. Так, на варіантах з інокуляцією насіння вміст білка та жиру в зерні квасолі був дещо вищим в усіх досліджуваних сортів, порівняно з варіантами без інокуляції із внесенням азотних добрив у нормі до 90 кг д. р./га. Подальше збільшення азотних добрив до 120 кг д. р./га майже зрівняло даний показник на обох варіантах (рис. 3.4, 3.5). За рахунок азотних добрив без проведення інокуляції вміст білка в зерні зростав на 0,8 % у сортів Перлина та Надія і на 0,9 % у сорту Мавка та відносно абсолютного контролю.

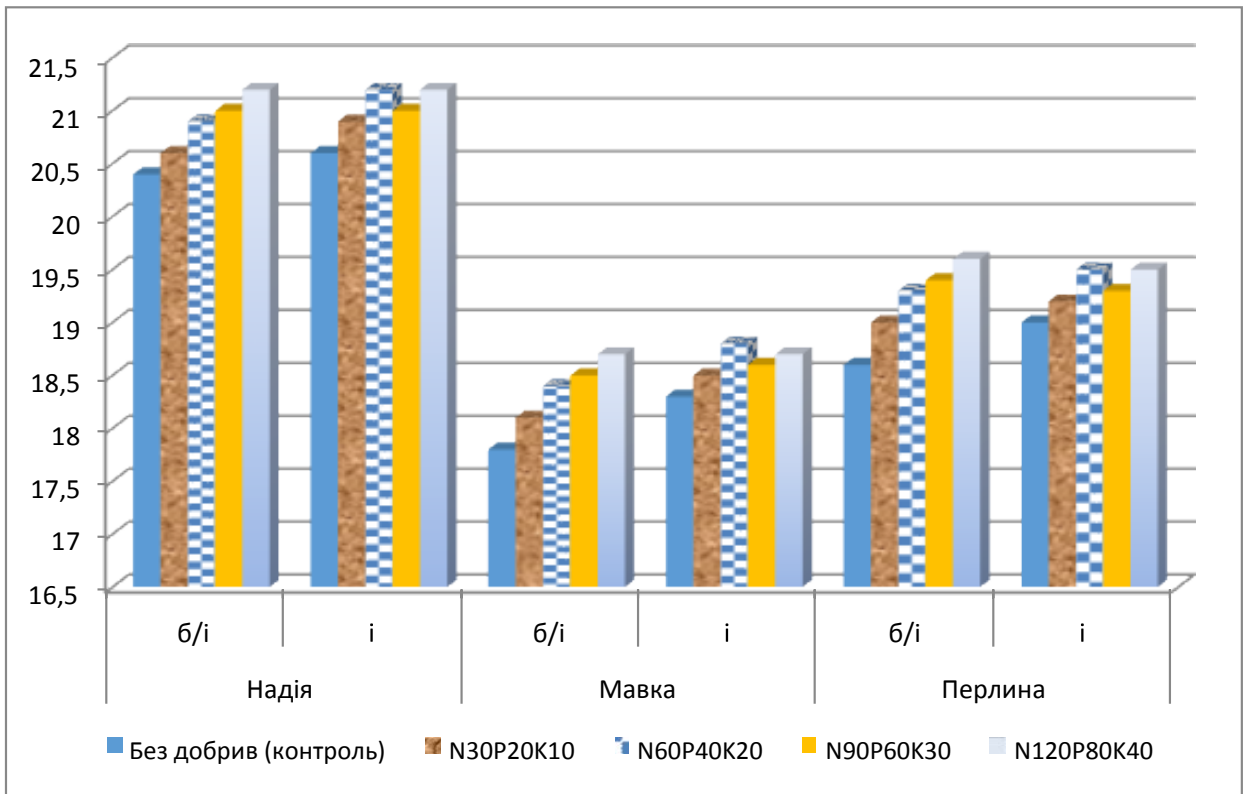


Рис. 3.4 – Уміст білка в зерні квасолі залежно від удобрення та інкуляції насіння, % (середнє за 2018–2020 рр.)

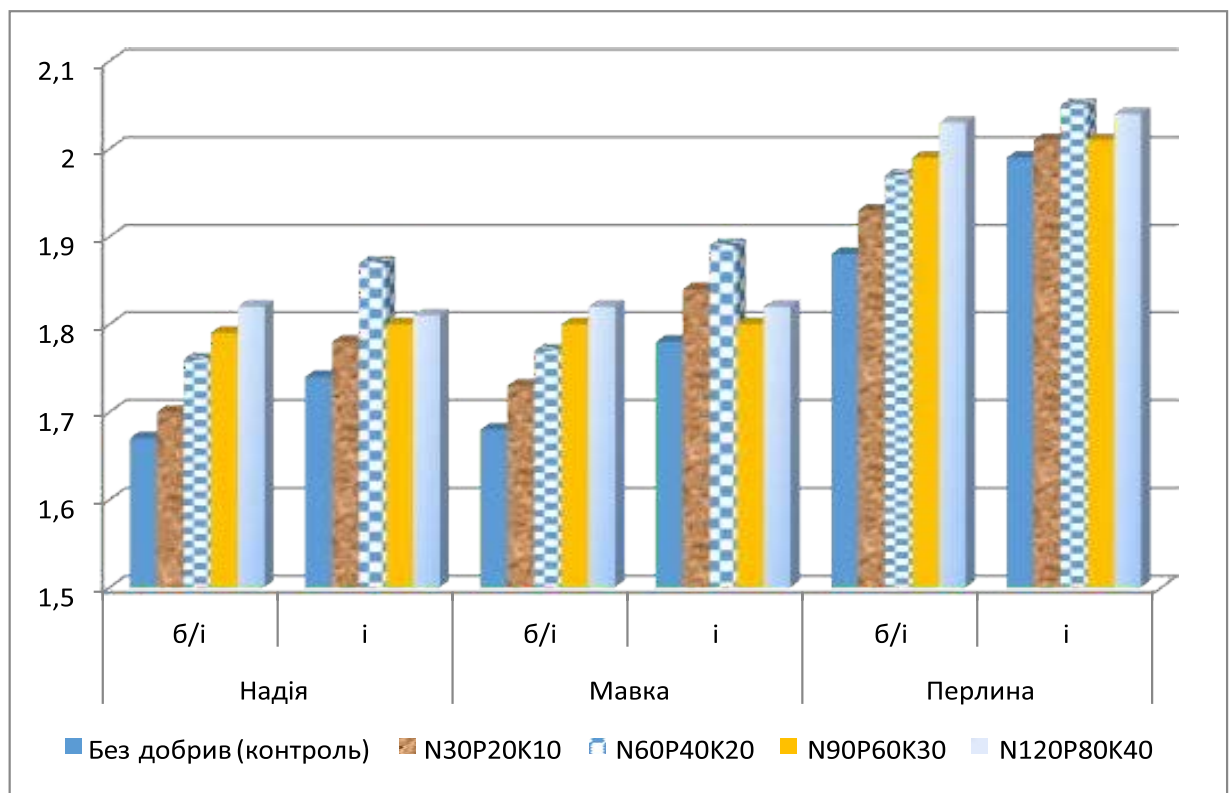


Рис. 3.5 – Уміст жиру в зерні квасолі залежно від удобрення та інкуляції насіння, % (середнє за 2018–2020 рр.)

За рахунок азотних добрив в поєднанні з інокуляцією вміст білка в зерні зростав на 0,5 % у сортів Перлина та Мавка і на 0,6 % у сорту Надія відносно контролю з інокуляцією та на 0,2–1,0 % відносно абсолютного контролю. Сорт Надія характеризувався вищою кількістю білка в зерні, вміст якого в середньому за роки проведення досліджень варіював у межах 20,4–21,2 %.

Таким чином, у середньому за три роки досліджень при проведенні аналізу показників вмісту в зерні досліджуваних сортів білка та жиру, нами було визначено відповідні прирости даного показника залежно від чинників, поставлених на вивчення (табл. 3.7). Зокрема, на варіантах без проведення інокуляції найвищий приріст вмісту білка від внесення мінеральних добрив до контролю відмічено у сорту Перлина.

За внесення $N_{120}P_{80}K_{40}$ даний показник становив 1,0 %. У сорту Мавка та Надія найвищий приріст також відзначено із внесенням максимальної у досліді норми мінеральних (зокрема азотних) добрив. Проте, даний показник у цих сортів був дещо нижчим, порівняно з попереднім сортом і становив відповідно 0,9 та 0,8 %.

На варіантах з інокуляцією насіння приріст вмісту білка був дещо нижчим в усіх досліджуваних сортів порівняно з варіантами без інокуляції. У сорту Перлина максимальний показник приросту відносно контролю становив 0,5 %, у сортів Мавка та Надія 0,4 та 0,6 % відповідно.

Нами встановлено, що на кожні 100 кг приросту врожайності вміст білка в зерні варіантів без проведення інокуляції збільшувався в межах 4,12–16,96 г/кг у сорту Надія, 5,43–16,83 г/кг у сорту Мавка та 7,6–19,6 – у сорту Перлина, і відповідно у варіантах з інокуляцією насіння: 6,27–12,72, 3,7–9,4 та 3,84–9,75.

Таблиця 3.7

Уміст білка в зерні квасолі залежно від удобрення та інокуляції
насіння, % (середнє за 2018–2020 рр.)

Варіант удобрення	Без інокуляції насіння			Інокуляція насіння			Інокуляція насіння + добрива	
	вміст білка, %	приріст вмісту білка від добрив		вміст білка, %	приріст вмісту білка від добрив		приріст вмісту білка від добрив та інокуляції	
		%	/кг/100 кг приросту урожайності		%	/кг/100 кг приросту урожайності	%	/кг/100 кг приросту урожайності
Надія								
Без добрив (контроль)	20,4	0	0	20,6	0	0	0,2	4,08
N ₃₀ P ₂₀ K ₁₀	20,6	0,2	4,12	20,9	0,3	6,27	0,5	10,3
N ₆₀ P ₄₀ K ₂₀	20,9	0,5	10,45	21,2	0,6	12,72	0,8	16,72
N ₉₀ P ₆₀ K ₃₀	21,0	0,6	12,6	21,0	0,4	8,4	0,6	12,6
N ₁₂₀ P ₈₀ K ₄₀	21,2	0,8	16,96	21,2	0,6	12,72	0,8	16,96
Мавка								
Без добрив (контроль)	17,8	0	0	18,3	0	0	0,5	8,9
N ₃₀ P ₂₀ K ₁₀	18,1	0,3	5,43	18,5	0,2	3,7	0,7	12,67
N ₆₀ P ₄₀ K ₂₀	18,4	0,6	11,04	18,8	0,5	9,4	1,0	18,4
N ₉₀ P ₆₀ K ₃₀	18,5	0,7	12,95	18,6	0,3	5,58	0,8	14,8
N ₁₂₀ P ₈₀ K ₄₀	18,7	0,9	16,83	18,7	0,4	7,48	0,9	16,83
Перлина								
Без добрив (контроль)	18,6	0	0	19	0	0	0,4	7,44
N ₃₀ P ₂₀ K ₁₀	19,0	0,4	7,6	19,2	0,2	3,84	0,6	11,4
N ₆₀ P ₄₀ K ₂₀	19,3	0,7	13,51	19,5	0,5	9,75	0,9	17,37
N ₉₀ P ₆₀ K ₃₀	19,4	0,8	15,52	19,3	0,3	5,79	0,7	13,58
N ₁₂₀ P ₈₀ K ₄₀	19,6	1,0	19,6	19,5	0,5	9,75	0,9	17,64
НІР _{0,5} – 0,29		чинник А – 0,15		чинник Б – 0,20			чинник В – 0,13	

Приріст жиру в зерні (Табл. 3.8) досліджуваних сортів квасолі в середньому за роки досліджень на варіантах без інокуляції насіння зростав зі

Таблиця 3.8

Уміст жиру в зерні квасолі залежно від удобрення та інокуляції
насіння, % (середнє за 2018– 2020 рр.)

Варіант удобрення	Без інокуляції насіння			Інокуляція насіння			Інокуляція насіння + добрива	
	вміст жиру, %	приріст вмісту жиру від добрив		вміст жиру, %	приріст вмісту жиру від добрив		приріст вмісту жиру від добрив та інокуляції	
		%	г/кг//100кг приросту урожайності		%	г/кг//100кг приросту урожайності	%	г/кг//100кг приросту урожайності
Надія								
Без добрив (контроль)	1,67	0	0	1,74	0	0	0,07	0,12
N ₃₀ P ₂₀ K ₁₀	1,70	0,03	0,05	1,78	0,04	0,07	0,11	0,19
N ₆₀ P ₄₀ K ₂₀	1,76	0,09	0,16	1,87	0,13	0,24	0,2	0,35
N ₉₀ P ₆₀ K ₃₀	1,79	0,12	0,21	1,80	0,06	0,11	0,13	0,23
N ₁₂₀ P ₈₀ K ₄₀	1,82	0,15	0,27	1,81	0,07	0,13	0,14	0,25
Мавка								
Без добрив (контроль)	1,68	0	0	1,78	0	0	0,10	0,17
N ₃₀ P ₂₀ K ₁₀	1,73	0,05	0,09	1,84	0,06	0,11	0,16	0,28
N ₆₀ P ₄₀ K ₂₀	1,77	0,09	0,16	1,89	0,11	0,21	0,21	0,37
N ₉₀ P ₆₀ K ₃₀	1,80	0,12	0,22	1,80	0,02	0,04	0,12	0,22
N ₁₂₀ P ₈₀ K ₄₀	1,82	0,14	0,25	1,82	0,04	0,07	0,14	0,25
Перлина								
Без добрив (контроль)	1,88	0	0	1,99	0	0	0,14	0,26
N ₃₀ P ₂₀ K ₁₀	1,93	0,05	0,10	2,01	0,02	0,04	0,2	0,39
N ₆₀ P ₄₀ K ₂₀	1,97	0,09	0,18	2,05	0,06	0,12	0,24	0,47
N ₉₀ P ₆₀ K ₃₀	1,99	0,11	0,22	2,01	-0,01	-0,02	0,13	0,26
N ₁₂₀ P ₈₀ K ₄₀	2,03	0,15	0,30	2,04	0,02	0,04	0,16	0,32
NIP _{0,5} – 0,11		чинник А – 0,03		чинник Б – 0,08			чинник В – 0,07	

збільшенням норм внесення мінеральних і, зокрема, азотних добрив. У досліджуваних сортів квасолі відмічено майже однаковий приріст жиру. Зокрема, у сорту Надія зі збільшенням норми добрив від N₃₀P₂₀K₁₀ до

$N_{120}P_{80}K_{40}$ кг/га д. р. даний показник становив від 0,03 до 0,15 %, у сорту Мавка – від 0,05 до 0,14 % та у сорту Перлина – від 0,05 до 0,15 % відповідно. На варіантах з інокуляцією насіння найвищий приріст відзначено за внесення $N_{60}P_{40}K_{20}$, що у сортів Надія, Мавка та Перлина становив відповідно 0,13, 0,11 та 0,06 %. При подальшому збільшенні норм азотних добрив від 90 до 120 кг/га д. р. виявлено незначний приріст, а в деяких варіантах відмічено зниження показника (у сорту Перлина -0,01 % за внесення азотних добрив у нормі 90 кг/га д. р. на фоні $P_{60}K_{30}$).

Мінеральне, і зокрема азотне, живлення впливало на збір білка з одиниці площі досліджуваних сортів квасолі (додаток Т). За рахунок азотних добрив, як в поєднанні з інокуляцією, так і без її проведення, його вміст зростав на 0,11 та 0,06 т/га у сорту Надія, на 0,10 та 0,07 т/га у сорту Мавка і на 0,12 та 0,09 т/га у сорту Перлина відносно контролю: 0,34 та 0,40 т/га у сорту Надія, 0,34 та 0,37 т/га у сорту Мавка та 0,37 та 0,41 т/га у сорту Перлина. Максимальний збір жиру з одиниці площі відзначено у варіанті технології за внесення $N_{60}P_{40}K_{20}$ та інокуляції насіння Ризобофітом за рахунок формування сортами квасолі найвищої в досліді врожайності та становив 0,054 т/га у сорту Перлина, 0,047 т/га у сорту Мавка і 0,043 т/га у сорту Надія.

Розділ 4. Економічна та енергетична оцінка ефективності технології вирощування квасолі

Високоєфективне та раціональне використання землі, тобто стабільне нарощування виробництва продукції рослинництва є одним з важливих завдань аграрного виробництва є. В умовах ринкових відносин економіко-енергетична ефективність вирощування сільськогосподарських культур набуває першочергового значення як один з найважливіших чинників їх конкурентоспроможності [51]. 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 [51].

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 року. Таким чином, за результатами наших досліджень ми визначали показники економічної, біоенергетичної 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, вміст сирого білка та жиру – 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 Надія 9500 грн, Мавка та Перлина – 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 Надія 18556 грн, Мавка – 21420 та Перлина – 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 Ризобофітом відповідні показники були дещо вищими, за винятком показника собівартості, який знизився у сорту Надія до 5041 грн/т, Мавка – 5333 та Перлина – 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 Надія до 23048 грн, Мавка – 23392 та Перлина – 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. 4.1).

Таблиця 4.1

Економічна ефективність технологій вирощування квасолі із застосуванням розроблених елементів технології в розрахунку на 1 га (середнє за 2018–2020 рр.)

Показники	Варіант удобрення та інокуляції насіння									
	Без інокуляції					Інокуляція Ризобіфітом				
	Без добрив (контроль)	N ₃₀ P ₂₀ K ₁₀	N ₆₀ P ₄₀ K ₂₀	N ₉₀ P ₆₀ K ₃₀	N ₁₂₀ P ₈₀ K ₄₀	Без добрив (контроль)	N ₃₀ P ₂₀ K ₁₀	N ₆₀ P ₄₀ K ₂₀	N ₉₀ P ₆₀ K ₃₀	N ₁₂₀ P ₈₀ K ₄₀
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Надія										
Урожайність, т/га	1,67	1,94	2,05	2,15	2,11	1,96	2,14	2,28	2,18	2,15
Вартість вирощеної продукції, грн/га	28056	32592	34440	36120	35448	32928	35952	38304	36624	36120
Виробничі витрати на 1 га, грн	9500	11520	12260	12450	13458	9880	11850	11645	12760	13680
Собівартість 1 т, грн	5689	5938	5980	5791	6378	5041	5537	5107	5853	6363
Умовно чистий прибуток, грн/га	18556	21072	22180	23670	21990	23048	24102	26659	23864	22440
Рівень рентабельності, %	195	183	181	190	163	233	203	229	187	164
Затрати сукупної енергії на 1 га, МДж	8159	13109	15380	17747	20430	8452	13560	16576	18800	21230
Вихід енергії з урожаєм, МДж/га	43955	46431	49085	52800	47316	45016	55630	60229	55984	54038
Енергоємність 1 т зерна, МДж	4886	6757	7502	8254	9682	4312	6336	7270	8624	9874
Коеф. енергетичної ефективності	5,39	3,54	3,19	2,98	2,32	5,33	4,10	3,63	2,98	2,55
Мавка										
Урожайність, т/га	1,9	2,13	2,24	2,37	2,33	2,04	2,29	2,49	2,41	2,37
Вартість вирощеної продукції, грн/га	31920	35784	37632	39816	39144	34272	38472	41832	40488	39816

продовження табл. 4.1										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Виробничі витрати на 1 га, грн	10500	12520	13260	13450	14458	10880	12850	12645	13760	14680
Собівартість 1 т, грн	5526	5878	5920	5675	6205	5333	5611	5078	5710	6194
Умовно чистий прибуток, грн/га	21420	23264	24372	26366	24686	23392	25622	29187	26728	25136
Рівень рентабельності, %	204	186	184	196	171	215	199	231	194	171
Затрати сукупної енергії на 1 га, МДж	8444	13394	15665	18032	20715	8737	13845	16861	19085	21515
Вихід енергії з урожаєм, МДж/га	44933	47409	50063	53778	48294	45994	56608	61207	56962	55016
Енергоємність 1 т зерна, МДж	4444	6288	6993	7608	8891	4283	6046	6771	7919	9078
Коеф. енергетичної ефективності	5,32	3,54	3,20	2,98	2,33	5,26	4,09	3,63	2,98	2,56
Перлина										
Урожайність, т/га	1,98	2,27	2,43	2,61	2,52	2,14	2,40	2,67	2,62	2,54
Вартість вирощеної продукції, грн/га	33264	38136	40824	43848	42336	35952	40320	44856	44016	42672
Виробничі витрати на 1 га, грн	10500	12520	13260	13450	14458	10880	12850	12645	13760	14680
Собівартість 1 т, грн	5303	5515	5457	5153	5737	5084	5354	4736	5252	5780
Умовно чистий прибуток, грн/га	22764	25616	27564	30398	27878	25072	27470	32211	30256	27992
Рівень рентабельності, %	217	205	208	226	193	230	214	255	220	191
Затрати сукупної енергії на 1 га, МДж	8666	13821	16204	18776	21554	9228	14621	17431	19528	22053
Вихід енергії з урожаєм, МДж/га	47409	55724	56077	58544	57669	51478	65276	67576	61915	61031
Енергоємність 1 т зерна, МДж	4377	6089	6668	8271	8553	4312	6092	6528	7453	8682
Коеф. енергетичної ефективності	5,47	4,03	3,46	3,12	2,68	5,58	4,46	3,88	3,17	2,77

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 Надія, Мавка та Перлина за технологією із проведенням інокуляції насіння Ризобофітом та внесенням мінеральних добрив у нормі $N_{60}P_{40}K_{20}$: 23864 грн, 29187 та 32211 грн відповідно. На варіантах досліду, де сорти квасолі вирощували без проведення інокуляції Ризобофітом, найвищий умовно чистий прибуток було отримано за внесення вищої норми мінеральних добрив ($N_{90}P_{60}K_{30}$): 23670 грн у сорту Надія, 26366 грн у сорту Мавка та 30398 грн у сорту Перлина. Подальше збільшення норм внесення добрив до $N_{120}P_{80}K_{40}$ призвело до підвищення собівартості продукції, але через те, що врожайність на цих варіантах, як із проведенням інокуляції насіння, так і без неї, суттєво 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 на дерново-підзолистих важкосуглинкових ґрунтах Закарпаття найбільш економічно вигідним є вирощування сортів Мавка та Перлина за технологією із проведенням інокуляції насіння Ризобофітом та внесенням мінеральних добрив у нормі $N_{60}P_{40}K_{20}$.

З метою встановлення енергетичної ціни врожаю, визначення рівня ефективності використання витрачених ресурсів, порівняння та оцінки

моделей технологій вирощування сільськогосподарських культур та характеристики технологічних процесів застосовують енергетичну оцінку ефективності їх вирощування. Енергетичний аналіз дозволяє розробити й оцінити ефективність ресурсо- і енергозберігаючих технологій у землеробстві та рослинництві [51].

У ході наших досліджень щодо визначення впливу мінеральних добрив та інокуляції насіння, за основними показниками, що визначають енергетичну ефективність квасолі, в середньому за роки, було отримано наступні результати: найнижчий рівень енерговитрат на 1 га посіву відмічено на варіантах без застосування добрив та без інокуляції і він становив у сорту Надія – 8159 МДж/га, Мавка – 8444 та Перлина – 8666 МДж/га. Проведення інокуляції насіння Ризобофітом сприяло підвищенню даних показників відповідно до 8452, 8737 та 9228 МДж/га. Аналіз показників виходу енергії з отриманого врожаю показав, що в контрольних варіантах він складав у сорту Надія – 43955 МДж/га, Мавка – 44933 та Перлина – 47409 МДж/га, а за обробки Ризобофітом відповідно – 45016, 45994 та 51478 МДж/га.

Відношення виходу енергії з одиниці площі з продукцією до енергетичних затрат на її виробництво (K_{ee}) є основним показником енергетичної ефективності вирощеної продукції. Найвищого значення даний коефіцієнт досяг на контрольних варіантах (без застосування добрив) як з інокуляцією насіння, так і без її проведення (див. табл. 6.1). У сорту Надія цей показник становив 5,33 та 5,39, Мавка – 5,26 та 5,32, Перлина – 5,58 та 5,47, що пояснюється значним підвищенням виходу енергії з урожаєм.

Вирощування квасолі за внесення $N_{90}P_{60}K_{30}$ без проведення інокуляції насіння сприяло максимальному збільшенню виходу енергії з урожаєм, порівняно з іншими варіантами удобрення, за рахунок вищої врожайності культури. Зокрема, у сорту Надія даний показник становив – 52800, Мавка – 53778, Перлина – 58544 МДж/га. Проведення інокуляції на фоні внесення добрив у нормі $N_{60}P_{40}K_{20}$ сприяло отриманню максимальної врожайності сортів квасолі в досліді і призвело до підвищення даних показників до 60229,

61207 та 67576 МДж/га відповідно. Енергетичні затрати на цих варіантах

також підвищились, порівняно з контрольними варіантами, що спричинило зниження коефіцієнта енергетичних затрат. Подальше збільшення норми мінеральних добрив до $N_{120}P_{80}K_{40}$ зумовило максимальне зниження показника коефіцієнта енергетичної ефективності по всіх досліджуваних сортах, як на варіантах із застосуванням інокуляції насіння, так і без неї. Зокрема, K_{ee} за внесення $N_{120}P_{80}K_{40}$ без проведення інокуляції становив для сорту Надія – 2,32 (за обробки насіння Ризобофітом – 2,55), Мавка – 2,33 (2,56), Перлина – 2,68 (2,77) відповідно.

Енергетична оцінка систем удобрення квасолі показала, що найвищий вихід енергії з урожаєм було отримано при застосуванні мінеральних добрив у нормі $N_{60}P_{40}K_{20}$ та обробки насіння Ризобофітом: 60229 МДж/га у сорту Надія, 61207 у сорту Мавка та 67576 МДж/га у сорту Перлина.

Найвищий вихід енергії з урожаєм відмічено за удобрення $N_{60}P_{40}K_{20}$ на фоні інокуляції або $N_{90}P_{60}K_{30}$ без інокуляції. Подальше збільшення азотних добрив до N_{120} на фоні $P_{80}K_{40}$ суттєво знижує даний показник. Коефіцієнт енергетичної ефективності досягнув максимального значення на контрольних варіантах у всіх досліджуваних сортів, застосування та збільшення норм мінеральних добрив призвело до зниження цього коефіцієнта. Особливо низьким даний показник був на варіантах із застосуванням високих норм добрив, де вихід енергії з урожаєм був нижчим, тоді як енергозатрати з 1 га були найвищі, порівняно з варіантами із внесенням низьких та середніх норм мінеральних добрив.

Висновки

1. Ефектом від комплексного застосування інокуляції насіння Ризобофітом та мінеральних добрив є подовження вегетаційного та міжфазних періодів росту та розвитку рослин сортів квасолі, що сприяє диференціації більшої кількості генеративних органів. Тривалість вегетації сорту Надія варіює в межах 79–89 діб, Мавка – 87–100 та Перлина – 89–102 доби залежно від добрив та інокуляції. Збільшення норми мінеральних добрив від $N_{30}P_{20}K_{10}$ до $N_{120}P_{80}K_{40}$ кг/га д. р. подовжує настання фаз розвитку на 7–12 діб, передпосівна обробка насіння Ризобофітом сприяє подовженню вегетаційного періоду квасолі на 3–5 діб.

2. Рослини квасолі звичайної є високочутливими щодо гідротермічних умов року та елементів технології вирощування через зміни морфологічних ознак рослини. Висота рослин квасолі зростає при збільшенні норм мінеральних добрив до $N_{120}P_{80}K_{40}$ кг/га д. р., незалежно від інокуляції насіння. Максимальна висота рослин квасолі формується у фазу наливу бобів за внесення $N_{120}P_{80}K_{40}$ і становить 52,5 см для сорту Надія, 58,8 – Мавка та 64,4 см для сорту Перлина, що більше відносно контрольних варіантів на 11–12 см. Інокуляція насіння Ризобофітом сприяє збільшенню висоти рослин квасолі на 2–10 % за удобрення до $N_{60}P_{40}K_{20}$ кг/га д. р.

3. На формування густоти посіву та загальне виживання рослин квасолі позитивно впливають інокуляція насіння, норми внесення мінеральних добрив $N_{30}P_{20}K_{10}$ та $N_{60}P_{40}K_{20}$ кг/га д. р. Внесення $N_{60}P_{40}K_{20}$ та інокуляція Ризобофітом забезпечують вищу схожість насіння квасолі – 89,7 % у сорту Мавка, 84,6 та 85,0 % у сортів Перлина та Надія та вищий відсоток виживання рослин: 96,9 % у сорту Перлина, 93,1 та 88,9 % у сортів Мавка та Надія.

4. Урожайність сортів квасолі зростає від 1,41 до 3,16 т/га залежно від погодних умов року вирощування, сортових особливостей, удобрення та передпосівної інокуляції насіння. Високий рівень врожайності зерна квасолі

сорту Надія – 2,28 т/га, Мавка та Перлина – 2,49 та 2,67 т/га забезпечує поєднання інокуляції насіння Ризобофітом та внесення мінеральних добрив у нормі $N_{60}P_{40}K_{20}$ кг/га д. р. Найбільший вплив на урожайність досліджуваних сортів квасолі мав чинник «Мінеральні добрива» – 53 %, дещо менший чинник «Сорт» – 20 %, «Інокуляція насіння» – 14 % та «Погодні умови» – 13 %.

5. Вміст білка в зерні квасолі варіює залежно від сортових особливостей, удобрення та інокуляції в межах 20,4–21,2 % у сорту Надія, 17,8–18,8 % у сорту Мавка та 18,6–19,5 % у сорту Перлина. Вміст жиру у зерні квасолі варіює в межах 1,67–1,87 % у сорту Надія, 1,68–1,89 та 1,88–2,05 % у сортів Мавка та Перлина. Без інокуляції насіння Ризобофітом приріст білка та жиру в зерні квасолі зростає зі збільшенням норми внесення мінеральних добрив до $N_{120}P_{80}K_{40}$ кг/га д. р. Максимальний збір білка та жиру з одиниці площі відмічено у варіанті технології за внесення $N_{60}P_{40}K_{20}$ та інокуляції насіння Ризобофітом.

6. Рентабельність вирощування сортів квасолі Надія, Мавка та Перлина без застосування добрив на ділянках без інокуляції становить 195, 204 та 217, з інокуляцією насіння Ризобофітом – 233, 215 та 230 % відповідно. Рентабельність виробництва квасолі в цілому висока і коливається в межах від 163 до 255 %. Найвищий рівень рентабельності відмічено на контрольних варіантах та за внесення низьких норм мінеральних добрив, а найнижчий – за внесення високих норм добрив за рахунок збільшення витрат на виробництво. Витрати на вирощування квасолі в межах досліджуваних чинників варіюють від 9500 до 10880 грн/га, тоді як прибуток завдяки високій ціні на товарну продукцію культури зростає від 18556 до 32221 грн/га. Найбільш економічно вигідним є вирощування сортів Мавка та Перлина за технологією із проведенням інокуляції насіння Ризобофітом та внесенням мінеральних добрив у нормі $N_{60}P_{40}K_{20}$.

7. В енергетичному відношенні при вирощуванні квасолі перевагу має система удобрення, яка поєднує внесення мінеральних добрив у нормі

$N_{60}P_{40}K_{20}$ та інокуляцію насіння Ризобофітом або внесення вищої норми добрив – $N_{90}P_{60}K_{30}$ без інокуляції. При цьому ($N_{60}P_{40}K_{20}$ + інокуляція Ризобофітом) отримуємо найвищий вихід енергії з урожаєм: 60229 Мдж/га у сорту Надія, 61207 у сорту Мавка та 67576 МДж/га у сорту Перлина. Коефіцієнт енергетичної ефективності досягав максимальних значень – 5,33 та 5,39 для сорту Надія, 5,26 та 5,32 для сорту Мавка, 5,58 та 5,47 для сорту Перлина на контрольних варіантах досліду з інокуляцією насіння і без її проведення.

8. Таким чином встановлено, що вкладення коштів на виробництво зерна за внесення мінеральних добрив у нормі $N_{60}P_{40}K_{20}$ та використання біопрепарату (Ризобофіт) значно підвищує економічну та енергетичну ефективність вирощування квасолі звичайної

Пропозиції виробництву

Для отримання врожаю високоякісного зерна середньостиглих сортів квасолі звичайної вище 2,5 т/га агропідприємствам Вінницької області рекомендовано вирощувати сорти Перлина та Мавка за поєднання інокуляції насіння Ризобофітом (200 г/га) та мінеральних добрив у нормі $N_{60}P_{40}K_{20}$.

Список використаної літератури

1. Сортова реакція квасолі на строки сівби та інокуляцію насіння / [В.Ф. Камінський, А.В. Голодна, О.Т. Дупляк, О.О. Черниш] // Збірник наукових праць Інституту землеробства УААН. – К.: Нора-Прінт – 2000. – Вип. 3-4. – С. 49-55.
2. Крутило Д.В. Реакція сортів квасолі на інокуляцію *Rhizobium phaseoli* за наявності в ґрунті численної популяції ризобій / Д.В. Крутило // Корми і кормовиробництво: міжвідом. темат. наук. зб. – Вінниця: ФОП Данилюк В.Г., 2008. – № 61. – С. 78-83.
3. Роль биопрепаратов в повышении симбиоза и продуктивности фасоли / [Н.В. Парахин, Т.С. Наумкина, А.А. Осин та ін.] // Вестник Орел ГАУ : Теоретический и научно-практический журнал. – 2008. – № 4 (13). – С. 2-4.
4. Посыпанов Г.С. Методы изучения биологической фиксации азота воздуха: Справочное пособие / Г.С. Посыпанов. – М.: Агропромиздат, 1991. – 300 с.
5. Пустова З.В. Вплив бактеріальної обробки насіння на продуктивність квасолі звичайної / З.В. Пустова // Вісник центру наукового забезпечення АПВ Харківської області : науково-виробничий збірник. – Харків: Магда LTD, 2011. – Вип. 11. – С. 146-152.
6. Стаканов Ф.С. Фасоль / Ф.С. Стаканов. – Кишинев: Штииница, 1986. – 195 с.
7. Туаева И. В. Роль природных агроруд в активизации симбиотической деятельности фасоли / И.В. Туаева, С.А. Бекузарова [Электронный ресурс] // Научный журнал Кубанского ГАУ. – 2006. – № 24 (8). – С. 1-6. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2006/08/pdf/09.pdf>
8. Волкогон В. В. Мікробні препарати на основі фосфатмобілізувальних мікроорганізмів / В. В. Волкогон, М. Н. Токмакова, В. О. Чайковська // Мікробні препарати у землеробстві. Теорія і практика / [В. В. Волкогон та ін.]. – К. : Аграрна наука, 2006. – С. 123–152.

9. Пати́ка В. П. Мікробні препарати в біоорганічному землеробстві / В. П. Пати́ка, М. В. Пати́ка // Сільськогосподарська мікробіологія : міжвід. темат. наук. зб. – 2006. – Вип. 4. – С. 7–21.
10. Іути́нська Г. О. Шляхи регулювання угруповань ґрунту в аспекті біологізації землеробства і стійкого розвитку агроєкосистем / Г. О. Іути́нська // Сільськогосподарська мікробіологія : міжвід. темат. наук. зб. – 2005. – Вип. 3. – С. 7–19.
11. Зернобобовые культуры в интенсивном земледелии / В.П. Орлов, А.П. Исаев, С.И. Лосев и др.; сост. В.П. Орлов. – М.: Агропромиздат, 1986. – 206 с.
12. Таран Н.Ю. Регулятори росту у формуванні адаптивних реакцій рослин до посухи / Н.Ю. Таран, Н.Б. Светлова, О.А. Оканенко та ін. // Вісник аграрної науки. – 2004. – № 8. – С. 29–32.
13. Бабич А.О. Проблема фотосинтезу і біологічної фіксації азоту бобовими культурами / А.О. Бабич, В.Ф. Петриченко, Ф.Ф. Адамень // Вісник аграрної науки, 1996. – №2. – С. 37-39.
14. Камінський В.Ф. Значення зернобобових культур та напрями їх виробництва / В.Ф. Камінський, П.С. Вишнівський, С.П. Дворецька // Селекція та насінництво. – Харків, 2005. – Вип. 90. – С. 14-22.
15. Технологія виробництва квасолі в Україні / А.А. Корчинський, О.П. Попов, Ю.В. Будьоний та ін. // Методичні рекомендації. – К., 1994. – 19 с.
16. Овчарук О.В. Симбіотична продуктивність квасолі звичайної залежно від сортів та строків сівби в умовах південної частини західного Лісостепу / О.В. Овчарук // Вісник ЛНАУ. – Агрономія № 15 (1). – Львів. – 2011. – С. 220-223.
17. Біологічний азот / [В.П. Пати́ка, С.Я. Коць, В.В. Волкогон та ін.]; за ред. В.П. Пати́ки. – К.: Світ, 2003. – 424 с.
18. Яковлева В.М. Бактероиды клубеньковых бактерий / В.М. Яковлева. – Новосибирск: Наука, 1975. – 172 с.
19. Шотт П.Р. Фиксация атмосферного азота в однолетних агроценозах

/ П.Р. Шотт. – Барнаул: Азбука, 2007. – 176 с.

20. Чундерова А.И. Влияние эффективных штаммов клубеньковых бактерий на урожай и содержание протеина в зерне фасоли / А.И. Чундерова // Селекция, семеноводство и приемы возделывания фасоли. – Орел, 1975. – С. 192–195.

21. Патица В.П. Селекція бульбочкових бактерій квасолі / В.П. Патица, Л.М. Поташова, М.З. Толкачов // Вісник аграрної науки. – 2001. – № 1. – С. 54–57.

22. Корчинський А. А. Технологія виробництва квасолі в Україні // А. А. Корчинський, О. П. Попов, Ю. В. Будьоний, Л. І. Полянська, Н. І. Бухало / Методичні рекомендації. – К., 1994. – 19 с.

23. Краєвська Л.С. Вплив передпосівної обробки насіння на врожайність квасолі звичайної (*Phaseolus Vulgaris* L.). Агроекологічний журнал. 2017. №2. С. 211-215.

24. Крутило Д.В., Надкернична О.В., Шерстобоева О.В. Різноманіття бульбочкових бактерій квасолі в агроценозах України. Агроекологічний журнал. 2016. №3. С. 117-125.

25. Albinus M. “Effects of land use practices on livelihoods in the transboundary sub-catchments of the Lake Victoria Basin”. *African Journal of Environmental Science and Technology*. Vol. 2. no. 10. 2008. pp. 309-317.

26. Beneduzi A. “Plant growth- promoting Rhizobacteria (PGPR): Their potential as antagonists and biocontrol agents”. *Genetics and Molecular Biology*. vol. 35. no. 4. 2012, pp. 1044- 1051.

27. Figueiredo M., Seldin L., Araujo F., Mariano R. “Plant growth promoting Rhizobacteria: Fundamentals and applications”. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 2010, pp. 21-43.

28. Паламарчук І. І. Продуктивність і динаміка плодоношення рослин кабачка залежно від сортових особливостей та стимулятора росту в умовах Правобережного Лісостепу України. *Збірник наукових праць Харківського національного аграрного університету*. Харків. 2018. № 1. С. 75-84.

29. Пати́ка В. П., Тихоно́вич Г.А., Філі́п'єв Г. Д. Мікрооргані́зми і альтернативне землеробство. Київ: Урожай, 1999. 176 с.
30. Martyniuk S., Oron J. "Populations of rhizobia in some Polish soils not planted with legumes". vol. 54. no. 3. 2012. pp. 165-168.
31. Mohamed Z., El-Sayed S., Radwan T., El-Wahab G. "Potency evaluation of *Serratiamarcescens* and *Pseudomonas fluorescens* as biocontrol agents for root-knot nematodes in Egypt". *Journal of Applied Sciences Research*. Vol.4. no. 1. 2009. pp. 93- 102.
32. Антипчук А. Ф. Экологические аспекты селекции ризобий и повышение эффективности симбиоза. *Физиология и биохимия культурных растений*. 1994.Т. 26. no. 4. С. 315-333.
33. Волкогон В. В., Надкернича О. В., Крутило Д. В., Ковалевська Т. М. Біопрепарати на основі бульбочкових бактерій для підвищення урожайності бобових культур. *Посібник українського хлібороба*. 2008. С. 118-119.
34. Панцирева Г. В. Дослідження сортових ресурсів люпину білого (*Lupinus albus* L.) в Україні. Вінниця. 2016. Вип. 4. С. 88- 93.
35. Osoro N., Kawaka F., Naluyange V. "Effects of water hyacinth (*Eichhornia crassipes* [mart.] solms) compost on growth and yield of common beans (*Phaseolus vulgaris*) in Lake Victoria Basin". *European International Journal of Science and Technology*. Vol. 3. no.7. 2014. pp. 173-186.
36. Hosseinpur A. "Evaluating chemical extractants to estimate available potassium for pinto beans (*Phaseolus vulgaris*) in some calcareous soils. *Plant Soil and Environment*. vol.58. no.1. 2012, pp. 42-48.
37. Бутвина О. Ю., Толкачев Н. З. , Князев А. В. Высококонтентные штаммы клубеньковых бактерий – основа эффективности биопрепаратов. *Мікробіол. журн.* 1997. Т. 59. no. 4. С. 123-131.
38. Каталог рослин, придатних для поширення в Україні у 2016 р. (квасоля). Офіційний бюл. Охорона прав на сорти рослин: К. : Алефа, 2016.

С. 66– 69.

39. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (С основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.

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

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

42. Медведовський О. К., Іваненко П. І. *Енергетичний аналіз інтенсивних технологій в сільськогосподарському виробництві*. Київ. Урожай. 1988. 208 с.

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

44. 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.

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

46. 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.

47. 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.

48. 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.

49. 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.

50. 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.

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

52. 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.

53. 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.

54. Мазур О.В. Відмінності зернобобових культур за пластичністю і стабільністю господарсько-цінних ознак. Сільське господарство та лісівництво. 2019. № 12. С.69-86.

55. Мазур О.В., Мазур О.В. Вивчення кореляційних зв'язків у сортозразків квасолі звичайної Сільське господарство та лісівництво. 2019. № 12. С.116-130.

ДОДАТКИ

Додаток А

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

Норма добрив, чинник В	Іноку- ляція, чинник С	Рік			\bar{x}	+до кон- тролю
		2018	2019	2020		
Надія						
Без добрив (контроль)	-	1,64	1,95	1,41	1,67	0,00
	+	1,84	2,03	1,48	1,78	0,11
N ₃₀ P ₂₀ K ₁₀	-	2,09	2,11	1,61	1,94	0,27
	+	2,23	2,50	1,68	2,14	0,47
N ₆₀ P ₄₀ K ₂₀	-	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 ₃₀	-	2,31	2,41	1,74	2,15	0,48
	+	2,29	2,53	1,73	2,18	0,51
N ₁₂₀ P ₈₀ K ₄₀	-	2,24	2,38	1,71	2,11	0,44
	+	2,31	2,44	1,70	2,15	0,48
Мавка						
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
N ₁₂₀ P ₈₀ K ₄₀	-	2,43	2,81	1,76	2,33	0,43
	+	2,54	2,78	1,78	2,37	0,47
Перлина						
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
N ₁₂₀ P ₈₀ K ₄₀	-	2,58	3,02	1,97	2,52	0,54
	+	2,65	2,96	2,02	2,54	0,56
НІР _{0,05} 2016 р.: А – 0,12; В – 0,08; С – 0,09; АВ – 0,09; АС – 0,12; ВС – 0,13; АВС – 0,16. 2017 р.: А – 0,15; В – 0,07; С – 0,11; АВ – 0,11; АС – 0,14; ВС – 0,14; АВС – 0,18. 2018 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.						