The cover features a white background with large, overlapping geometric shapes in blue, green, orange, and black. The top left shows a wide field of green crops under a blue sky with white clouds. The bottom right shows a close-up of green bean plants with large leaves and developing pods. A logo consisting of a green leaf inside a black square is positioned in the upper right area.

**Мазур Віктор Анатолійович  
Шкатула Юрій Миколайович  
Гайдай Любов Сергіївна  
Забарна Тетяна Анатоліївна**

**ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ  
ТА ФУНКЦІОНУВАННЯ БОБОВО-РИЗОБІАЛЬНОГО  
СИМБІОЗУ КВАСОЛІ ЗВИЧАЙНОЇ В УМОВАХ  
ПРАВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ**

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**Мазур Віктор Анатолійович  
Шкатула Юрій Миколайович  
Гайдай Любов Сергіївна  
Забарна Тетяна Анатоліївна**

**ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ТА  
ФУНКЦІОНУВАННЯ БОБОВО-РИЗОБІАЛЬНОГО СИМБІОЗУ  
КВАСОЛІ ЗВИЧАЙНОЇ В УМОВАХ ПРАВОБЕРЕЖНОГО  
ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ**

**Монографія**



Вінниця-2023

УДК 635.652-042.75:631.559(477.4+292.485)

М 14

Рекомендовано до друку Вченою радою Вінницького національного аграрного університету (протокол № 10 від 23 травня 2023 року)

**Автори:**

В. А. Мазур, професор, кандидат сільськогосподарських наук

Ю. М. Шкатула, доцент, кандидат сільськогосподарських наук

Л. С. Гайдай, кандидат сільськогосподарських наук

Т. А. Забарна, кандидат сільськогосподарських наук, ст. викладач

**Рецензенти:**

**Каленська Світлана Михайлівна** – доктор сільськогосподарських наук, професор, академік НААН України, завідувач кафедри рослинництва НУБіП України;

**Чинчик Олександр Сергійович** – доктор сільськогосподарських наук, професор Закладу вищої освіти «Подільський державний Університет»;

**Вдовенко Сергій Анатолійович** – доктор сільськогосподарських наук, професор Вінницького національного аграрного університету.

Особливості формування продуктивності та функціонування бобово-ризобіального симбіозу квасолі звичайної в умовах Правобережного Лісостепу України: монографія / Мазур В. А., Шкатула Ю. М., Гайдай Л. С., Забарна Т. А. Вінниця : ВНАУ, 2023. 243 с.

*Монографія присвячена вивченню біологічних основ вирощування квасолі звичайної, процесів росту і розвитку рослин, формування високої врожайності та якості насіння за рахунок підвищення ефективності процесу фіксації молекулярного азоту симбіотичними системами *Rhizobium phaseoli* – квасоля звичайна.*

*Одержаний та узагальнений матеріал попередньо висвітлено у захищеній дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата сільськогосподарських наук Гайдай Любові Сергіївни на тему: «Особливості формування продуктивності та функціонування бобово-ризобіального симбіозу квасолі звичайної в умовах Правобережного Лісостепу України».. Наукове обґрунтування технологічних прийомів вирощування квасолі звичайної дозволяє модернізувати систему підготовки майбутніх фахівців у галузі агротехнологій та підвищити виробничу і практичну направленість такої фахової підготовки. Дослідження впроваджено у навчальний процес при викладанні навчальних дисциплін «Агрохімія» та «Рослинництво».*

ISBN 978-966-96153-8-1

УДК 635.652-042.75:631.559(477.4+292.485)

©МАЗУР В. А., ШКАТУЛА Ю. М., ГАЙДАЙ Л. С., ЗАБАРНА Т. А.

©ВНАУ, 2023

## ЗМІСТ

<b>ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ</b>	5
<b>ВСТУП</b>	6
<b>РОЗДІЛ 1. БІОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ВИРОЩУВАННЯ КВАСОЛІ (PHASEOLUS VULGARIS)</b>	8
1.1. Значення і поширення квасолі в світі та Україні	8
1.2. Ботанічно-морфологічні та біологічні особливості квасолі	18
1.3. Поживна цінність та якісні показники квасолі	31
<b>РОЗДІЛ 2. ЗНАЧЕННЯ БІОЛОГІЧНОЇ АЗОТФІКСАЦІЇ.</b>	37
2.1. Роль азотфіксуючих бактерій у поліпшенні мінерального живлення рослин	37
2.2. Роль фосфатмобілізуючих бактерій	55
2.3. Умови бобово-ризобіального симбіозу квасолі	64
<b>РОЗДІЛ 3. ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ВИРОЩУВАННЯ КВАСОЛІ</b>	75
3.1. Роль сорту в зональній технології вирощування	75
3.2. Підготовка ґрунту, насіння та особливості сівби	86
3.3. Мікродобрива та бактеріальні препарати в підвищенні продуктивності квасолі	94
3.4. Особливості удобрення квасолі	99
3.5. Боротьба з бур'янами, захист від шкідників та хвороб в агроценозах квасолі	104
3.6. Особливості позакореневого підживлення квасолі	117
3.7. Збирання врожаю	121
<b>РОЗДІЛ 4. ОСОБЛИВІСТІ РОСТУ ТА РОЗВИТКУ РОСЛИН СОРТІВ КВАСОЛІ</b>	124
4.1. Польова схожість та виживання рослин	124
4.2. Фенологічні спостереження за ростом і розвитком рослин квасолі звичайної	129
<b>РОЗДІЛ 5. ФОТОСИНТЕТИЧНА ПРОДУКТИВНІСТЬ КВАСОЛІ</b>	138
5.1. Динаміка формування площі листової поверхні рослин	139
5.2. Фотосинтетична діяльність рослин сортів квасолі звичайної	142
<b>РОЗДІЛ 6. СИМБІОТИЧНА ДІЯЛЬНІСТЬ СОРТІВ КВАСОЛІ ЗВИЧАЙНОЇ ВІД БАКТЕРІЗАЦІЇ НАСІННЯ</b>	153
6.1. Особливості формування кількості бульбочок у рослин квасолі звичайної	154
6.2. Загальний і активний симбіотичний потенціал сортів квасолі звичайної	162
6.3. Кількість біологічно фіксованого азоту посівами квасолі	164

<b>РОЗДІЛ 7. ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ СОРТІВ КВАСОЛІ ЗВИЧАЙНОЇ, УРОЖАЙНІСТЬ ТА ХІМІЧНИЙ СКЛАД ЗЕРНА ЗАЛЕЖНО ВІД ПЕРЕДПОСІВНОЇ ОБРОБКИ НАСІННЯ</b>	168
7.1. Продуктивність сортів квасолі звичайної залежно від досліджуваних факторів	170
7.2. Урожайність зерна сортів квасолі звичайної	173
7.3. Вплив передпосівної обробки насіння на якісні показники зерна сортів квасолі звичайної	177
<b>РОЗДІЛ 8. ЕКОНОМІЧНА ТА ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОЩУВАННЯ СОРТІВ КВАСОЛІ ЗВИЧАЙНОЇ</b>	183
8.1. Економічна ефективність вирощування квасолі посівної	183
8.2. Енергетична ефективність вирощування квасолі посівної	187
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ</b>	191
<b>ДОДАТКИ</b>	236

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

НААН – Національна академія аграрних наук

t – температура

°C – градус Цельсія

% – відсоток

га – гектар

м – метр

см – сантиметр

мм – міліметр

т – тонна

кг – кілограм

г – грам

мг – міліграм

л – літр

мл – мілілітр

грн. – гривня

тис. – тисяч

шт. – штук

млн. – мільйон

р. – рік

рр. – роки

ГДж – гігаджоуль

Дж – джоуль

pH – реакція ґрунтового розчину

НІР – найменша істотна різниця

K<sub>ее</sub> – коефіцієнт енергетичної ефективності



## ВСТУП

Дефіцит рослинного білка залишається однією з найважливіших проблем сучасності. В умовах сільськогосподарського виробництва поповнення білкового дефіциту за рахунок власних ресурсів стає гострою необхідністю в Україні та світі [1].

Стабільність виробництва рослинницької продукції, формування і функціонування ринку зерна, особливо зернобобових культур, на сучасному етапі та в перспективі можуть бути успішно реалізованими лише за умови підвищення врожайності культур шляхом подальшого вдосконалення і впровадження конкурентоспроможних технологій вирощування з високим рівнем окупності вкладених ресурсів. Нині у світі зернобобовими засівають близько 200 млн га, а їх валовий збір перевищує 390 млн т. Зернобобові культури відіграють важливу роль у вирішенні проблеми збільшення виробництва рослинного білка та забезпечення продовольчої безпеки держави, серед яких важливе місце належить квасолі. Завдяки науковим працям та практичним рекомендаціям Бабича А. О., Овчарука О. В., Бахмата О. М., Патики В. П., Коць С. Я., Камінського В.Ф., та інших досягнуті значні успіхи у вирішенні низки питань щодо вирощування квасолі в Україні.

Квасоля – цінна високобілкова культура, яка має багатостороннє використання в народному господарстві. Визначений хімічний склад сортів зернової квасолі показав, що вміст жирів складає 1,3-1,94 %, вміст білку 20,8-22,03%. Фракційний склад білків від їх загальної кількості складають: глобуліни – 43,76-44,93 %, альбуміни – 40,35-42,05 %, глутеліни – 13,02-15,6%. Основна частина сухих речовин квасолі це вуглеводи, які представлені в основному крохмалем, клітковиною, геміцелюлозою та пектином. Вміст крохмалю коливається від 44,8 до 45,4 %, вуглеводів – 54,34-54,89 %. Значний вміст вуглеводів визначає високу енергетичну цінність. Основне призначення квасолі – продовольче: насіння та боби вживають в їжу в свіжому і консервованому вигляді та є джерелом необхідного для організму людини комплексу амінокислот.

Квасоля здавна була традиційною культурою, але вона не знайшла широкого розповсюдження. Відсутність високоврожайних сортів придатних до механізованого збирання, недосконалість технології вирощування, недостатнє використання можливостей біологічної азотфіксації стримують вирощування квасолі у виробничих умовах. Тому подальша розробка наукових основ екологічно безпечної технології її вирощування є важливою науковою проблемою.

Азот – основний поживний елемент, що обумовлює родючість ґрунтів і врожайність сільськогосподарських культур, а біологічна азотфіксація є важливим екологічно безпечним та економічно доцільним способом надходження його до бобових рослин, завдяки чому значно збільшується їх продуктивність. Перевага біологічної азотфіксації реалізується тільки у симбіозі рослини з ефективно діючими бактеріями. Останні у симбіозі з

бобовими рослинами здатні фіксувати молекулярний азот повітря, забезпечувати потребу в ньому макросимбіонтів і накопичувати його в орному шарі ґрунту в кількості від 40 до 500 кг/га за рік залежно від вирощуваної бобової культури. Факторами визначання симбіотичного процесу є генетична структура рослини-хазяїна і бактерії, довкілля і технологічні заходи, такі як інокулянт і добрива [2, 3].

Метою монографії є теоретичне обґрунтування і розробка наукових засад підвищення ефективності процесу фіксації молекулярного азоту симбіотичними системами *Rhizobium phaseoli* – квасолі звичайна, удосконалення технології вирощування, встановлення фотосинтетичного та симбіотичного потенціалів на основі агроекологічно-безпечних прийомів передпосівної обробки насіння штамми *Rhizobium phaseoli* в умовах Правобережного Лісостепу України.

Для досягнення поставленої мети вирішені наступні завдання:

- виділені високоефективні штамми *Rhizobium phaseoli* на основі скринінгу селекціонованих бульбочкових бактерій;
- встановлені впливи різних штамів бульбочкових бактерій *Rhizobium phaseoli* на формування симбіотичного і фотосинтетичного апарату квасолі та виявлені серед них найбільш ефективні для передпосівної обробки насіння;
- вивчені сортові особливості квасолі в ефективності симбіозу з бульбочковими бактеріями;
- досліджено вплив біопрепаратів в поліпшенні симбіотичної фіксації азоту та фотосинтетичного потенціалу рослинами квасолі звичайної;
- вивчена дія штамів бульбочкових бактерій *Rhizobium phaseoli* спільно з біопрепаратами на процес симбіозу, ріст, розвиток і врожайність зерна сортів квасолі звичайної;
- розрахована економічна та енергетична оцінка запропонованим елементам технології вирощування квасолі.



# РОЗДІЛ 1. БІОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ВИРОЩУВАННЯ КВАСОЛІ (PHASEOLUS VULGARIS)

## 1.1. Значення і поширення квасолі в світі та Україні

Квасоля на сьогодні вважається однією із найбільше цінних продовольчих культур серед широкого спектру представників зернобобових. Її значення та місце у народному господарстві певним чином визначається високими смаковими та харчовими якісними показниками. Продукція виготовлена із квасолі, дозволяє забезпечити потребу людини в рослинних білках та урізноманітнити раціон харчування людини, саме тому квасоля користується великим попитом серед населення світу. Особливо важливою вона являється для країн, населення яких потерпає від дефіциту білка.

У світовому рослинництві на сьогодні квасолі звичайну вирощують на всіх континентах земної кори, включаючи Євразію, Південну та Північну Америку, Африку уже протягом багатьох тисячоліть. Площі посівів становлять понад 25 млн. гектарів, за показниками урожайності та валового збору зерна квасоля звичайна займає четверту позицію.

Квасоля є основним продуктом харчування у багатьох країнах світу. Проте її культивування та урожайність у світовому розрізі варіюють досить за різними показниками. Квасоля як першочергове джерело харчових вуглеводів та мікроелементів слугує більше, як для 300 мільйонів людей зі Східної Африки та Латинської Америки [4].

Квасолі вважають одним із самих давніх культурних рослин Південної Америки, про що свідчать згадки першопрохідців та завойовників окремих територій Америки, археологічні знахідки того часу, а також літературні дані з вивчення культурних видів квасолі та родичів її диких видів. Скажімо, в XVIII віці археологи у Перуанських та Анконських гробницях серед пам'яток доінкської культури натрапили на насінини квасолі, які цілком добре зберегли свої окраси. Вони були у роті мумії, попередньо загорнуті у бавовняні кульки, поряд з ними знайдено було і насінини кукурудзи. І таке сусідство не випадкове, адже у багатьох місцях обидва рослини висаджували разом, і кукурудза служила опорою кучерявим стебел квасолі. Найбільші площі поширення цієї культури імовірно пов'язані із генетичними центрами її походження і як правило, сконцентровані у Америці та Азії. Але достатньо широкий ареал поширення становить на інших континентах, а це понад сотня країн із обсягами виробництва біля 21 млн. тон на площі, понад 27,5 млн. га. Відома рід назвою дрібнонасінна квасоля стала близько 6 тис. років тому в Південній і Південно-Східній Азії (Монголія, Індія, Лаос, Китай, В'єтнам, Японія) [5].

У працях багатьох науковців вказано, що найбільшого визнання та цінності квасоля здобула у Північній Мексиці та Гватемалі, тому саме звідти квасоля бере своє походження та ці території вважаються батьківщиною

квасолі. Тут почали культивувати квасолю в гірській місцевості на висоті 3000 метрів. За даними багатьох літературних джерел індійські племена у доколумбовій Америці вивели досить велику кількість різновидностей квасолі, саме у цих племенах особливого значення у харчовому раціоні набули поряд з квасолею кукурудза та гарбузи. До сьогодні у фольклорі корінних племен в Америці існує легенда про три дівиці неземного походження, які уособлюють квасолю, кукурудзу та гарбуз. Ключові землеробські культури квасоля і кукурудза у індіанців висівалися завжди разом, оскільки кукурудза слугувала так званою опорною рослиною для квасолі.

Існують декілька припущень щодо поширення квасолі в Україні та загалом і в Європі. До Європи квасолю було завезено вперше іспанськими та португальськими торговцями та мореплавцями, пізніше квасоля швидко почала мігрувати вглиб материка та поширилась до далеких країн Азії. В Європу перші боби звичайної квасолі в 1496 році завезла після другої подорожі експедиція Христофора Колумба і відтоді квасоля відразу зацікавила вчених того часу. Щоправда, свою «кар'єру» в Старому світі, подібно соняшнику і амаранту, квасоля розпочинає не з полів та городів, а з квітників та клумб: незвичайні кольорові, асиметричні квіти зробили їх популярним прикрасою клумб. Навіть до сьогодні найяскравіші квітучі види цієї рослини використовуються в ландшафтному дизайні і слугують окрасою для милування. Є автори, які вказують на те, що Христофор Колумб дізнався про існування квасолі під час перебування на Кубі. Великий внесок для становлення квасолі у Європі зробив і французький лікар Жоффруа. Він вказував на неперевершеність квасолі, як харчового продукту, завдяки чому вона увійшла в широкий ужиток. Крім того він довів цілющі властивості квасолі, на прикладі хімічного складу квасолі. Було встановлено, що у ній міститься мало не весь вітамінний алфавіт: каротин (попередник вітаміну А), вітаміни К, вітаміни групи В, аскорбінова кислота, багата квасоля і на мінеральні солі та мікроелементи, серед яких – кальцій, фосфор, магній, залізо. До складу квасолі входить певна кількість йоду. В результаті сприятливого співвідношення солей натрію і калію квасоля сприяє виведенню з організму рідини і, як наслідок, надає розвантажувальне дію на серцево-судинну систему, саме тому з давніх-давен стручки квасолі люди використовували в народній медицині при лікуванні цукрового діабету. На сьогодні такі лікувальні властивості квасолі визнані та підтверджені і офіційною медициною. При проведенні досліджень у клінічних умовах були випробувані витяжки, екстракти із лушпиння квасолі, чим було доведено, що ці препарати дійсно мають здатність знижувати підвищений рівень цукру в крові при хворобах діабету та інших хвороб [6].

До країн Африканського континенту квасоля потрапила зовсім нещодавно, але вже стала там традиційною культурою вирощування та споживання серед місцевих жителів. Особливо великі площі посівів цієї культури саме у гірських місцевостях. Найбільші площі посівів відмічають у Кенії, Малаві значні території квасолі на землях великих озер тощо. Єдине місце де не культивують квасолю це Антарктида [7].

Стародавні китайські літописи містять перші згадки про квасолію, датуються ці літописи 1280 р. до н.е. Вже на той час доволі знаною та поширеною була квасоля в якості страви практично на усіх континентах. Не виняток і Стародавній Рим, тут її не лише вживали у їжу, але було й розвинене виробництво квасолевої пудри. На територію нашої держави, квасоля потрапила вже у XVII – XVIII ст. саме з Європи. Тривалий час її називали французькими бобами. Спочатку її вирощували в якості декоративної культури, чагарника. Але з плином часу наприкінці XVII ст. квасоля дістала широке поширення, як овочева культура. Білильні боби – так і до цих пір називають квасолію у Німеччині. Схиляються до думки, що свою назву квасоля отримала від грецького слова «φασεολος» (фасеолус) – довгий вузький човен. І дійсно, стручок квасолі нагадує човник.

Усі вищезгадані припущення про походження квасолі мають певні підтвердження, але деякі науковці доводять про існуванні квасолі набагато раніше, ніж датуються усі спогади, якби рекомендації стосовно споживання фасолі не були виявлені у наукових працях "батька медицини" Гіппократа (близько 460-370 рр. до н. е.), а також Теофраста (ок. 370-287 до н. е.) та Діоскорид (ок. 40-90 рр нашої ери). У документах Стародавнього Риму виявили відомості, що квасолію не вживали на той час у їжу, а використовували її в якості сировини для виготовлення косметичного засобу ломентум, зараз добре відомий цей засіб, як косметична пудра. І ще один доказ існування квасолі, це звичайний горщик, який набитий до верха насінням квасолі, знайдений при проведенні розкопок сумнозвісного римського міста Помпей. Виверження вулкану Везувію в 79 році покрило товстим шаром попелу територію, де і було поховано горщик із насінням квасолі.

Було багато згадок і про рослину, за описом дуже схожому за своїм зовнішнім виглядом і за формою плодів, дійсно, є в археологічних документах різних епох і різних країн. Також трапляються відомості, що вельможні дами (зокрема – Клеопатра) застосовували квасолію в якості омолоджуючого засобу для обличчя і тіла, готували його з зерен перетертих в тонке борошно і з нього готували пудру, а з соку – натирання для тіла.

Проте не варто проводити чітку грань між родами квасолі, описуючи її походження, адже подібність «вигн і квасолею» об'єктивно настільки велике, що в ботанічній класифікації XVII століття різниці між ними просто не існувало. Вже згодом відмінності помітив вчений-ботанік Доменіко Вігна (італ. *Domenico Vigna*) директор ботанічного саду Пізи. І з 1824 року рід Вігна з сімейства Бобових носить його ім'я, саме завдячуючи знаменитому ботаніку.

Підраховано, що загальний світовий урожай становить в межах 25 мільйонів тонн. Виробництво квасолі у Кенії досягло неабияких розмірів, продуктивність зерна цієї культури становить більше як 414000 тонн на рік [8].

Вирощування квасолі в Ефіопії має свої специфічні аспекти. Фермери в Амаро та Консо віддають перевагу сортам із детермінантною звичкою росту для проміжного вирощування, тоді як у Борічі та Ломі фермери люблять індетермінантні сорти для сівозмінного вирощування. У надзвичайно сухому та

маргінальному середовищі Консо фермери висаджували переважно чорну квасолі через її помірну посухостійкість, порівняно з іншими видами квасолі. У районах Консо, де випадає відносно більше опадів, фермери віддають перевагу вирощуванню дрібних червоних сортів квасолі, для яких існує спеціалізований сезонний ринок зерна в місті Карате в Консо. Цей ринок отримує більшу частину поставок квасолі з Гавади, також відносно добре забезпечення у зрошенні навколишніх районів в Консо теж сприяє вирощуванню квасолі, частина поставок квасолевого товару йде з північної Кенії через прикордонне місто Мояле. Поблизу міста Карате в Консо фермери хотіли вирощувати дрібні сорти червоної квасолі для забезпечення стабільного фінансового прибутку, але маргінальне середовище не дозволяло їм вирощувати нічого, крім чорної квасолі. У Центральній рифтовій долині поблизу експортного ринку Аддіс-Абеби фермери висадили дрібно-білу ефіопську експортну квасолі. У таких місцях, як Боріча та Лома, де дрібні червоні боби були дуже товарними, фермери віддавали перевагу здебільшого цьому виду, тоді як для домашнього споживання вони віддавали перевагу сортам андської квасолі з великим насінням. Найдавнішим видом квасолі у цій місцевості була чорна квасоля. Нею місцеві жителі і сплачували податки. Всі інші види з'явилися зовсім недавно, вважають, що вони потрапили через торгівлю з сусідніми племенами, ймовірно, з Північної Кенії. Кажуть, що боби пінто, характерні для регіону Амаро, також були завезені приблизно в останнє десятиліття з північної Кенії торговцями [9].

Споживання бобів на душу населення в Нікарагуа становить близько 14 та 18 кг на рік в міській та сільській місцевості. Квасоля в Нікарагуа вирощується практично всюди в країні, від нульового рівня моря, до висоти понад 900 м над рівнем моря в центральних частинах Нікарагуа. Підраховано, що площа, придатна для вирощування квасолі в Нікарагуа, становить близько 720000 га, проте засіяно лише близько 275000 га [10].

Поява квасолі у Середземномор'ї завжди викликала багато дискусійних питань. Своєрідною відповіддю на це запитання стала історія знаменитого грузинського – лобію. Науковці та дослідники з'ясували, що жителі території Грузії Колхідського царства зобов'язані древнім грекам, потраплянням до них квасолі. Сталось це у V столітті до нашої ери, тоді почали готувати цю страву з насіння дуже близького до квасолі рослини під назвою лобія (синоніми – єгипетські боби, гіацинтові боби, лаблаб, долихос, латинське найменування – *Lablab purpureus*). Імовірно, що батьківщиною цих бобів є тропічна Африка, звідки воно потрапило в регіон спочатку Середземномор'я, а потім вже і на територію Причорномор'я, де добре адаптувалась та прижилася в областях з вологим субтропічним кліматом, зі специфічними погодними умовами. Проте з огляду на те, що насіння «американської гості» за смаковими якостями перевершували багато в чому подібні на них боби лобії, та ще й готувалися досить швидко, тому саме вони стали головним інгредієнтом та окрасою грузинського лобію. Сама квасоля мовою жителів грузинського Сакартвело теж почала називатися лобію.

Не важко було припустити, що поступовий процес витіснення відносно ранньої бобової культури на переважаючу «прийдешню» відбувався на колишніх теренах Римської імперії та давньогрецьких держав. Доречі, перша ж проведена лінгвістична перевірка показала, що як і на латині, так і по-грецьки, назви бобів квасолі звучать однаково. Пізніше ця особливість була відмічена італійською, іспанською, португальською та німецькою мовами, тому дуже легко зробити висновок, про те, що саме квасоля дійсно повністю витіснила і підмінила собою звичайні боби (вони ж садові, кінські або росіяни, лат. *Vicia faba*), батьківщиною яких є Середземномор'я [11].

Загадкова «косметична» квасоля віднайдена і у знахідках Стародавнього Риму, та в Помпеях, на пряму пов'язана із рослинами роду Вігна, на сьогодні майже немає сумнівів у тому, що і те, і інше являє собою насіння рослини *Vigna unguiculata* (вігна китайська, коров'ячий горох, спаржева квасоля). Цей «квасолевий двійник», як і лобія, має африканське походження [12].

Згадки про квасолю в Стародавньому Китаї також мають двояке трактування стосовно схожості між родами квасоль. Скажімо досить часто зустрічається описана вігна, ряд видів квасолі широко поширений в країнах Азії. Деякі науковці схилиються до думки, що батьківщиною *Vigna angularis* (адзукі, квасоля незграбна) є Гімалаї. Доведено також, що цей рід квасолі існував ще у Північному Китаї існують з 1000 р. до н. е. Описано також велику варіативність кольорів квасолі – вони могли бути червоними, білими, червоними, жовтими, чорними, сірими і строкатими, з різним вмістом бобів у стручку, різною довжиною стручків. Але не виключено, що це могли бути і *Vigna radiata* (синоніми – азіатська або золотиста квасоля, маш, льюй-дау і боби мунг) з зеленими насінням і *Vigna mungo* (урд, маї, чорний маш), вони також могли мати подібні ознаки та характеризуватися такими ж прикметами.

З відомостей ФАО про посіви квасолі дізнаємося, що площі її в світовому землеробстві займають близько 25 млн га охоплюючи територію від тропіків аж до територій із зонами помірного клімату. Вирощування квасолі у південних регіонах базується переважно на використанні зернових сортів, а овочеві сорти, переважаючими є у північних регіонах. Показники урожайності зерна квасолі в середньому знаходяться на рівні 1,0-1,3 т/га (на рівні передових господарств цей показник становить 2,5-3,0 т/га), урожайність зелених бобів відмічено в межах 6,0-20,0 т/га [13].

У 2017 році Індія отримала при вирощуванні квасолі 675188 т зелених бобів, за нею слідує Бангладеш – 137495 т [14]. За даними [15], Бутан виробив 1475 т бобів у 2016 році та 5273 т у 2017 році. Квасоля – найважливіша продовольча бобова культура, яка безпосередньо споживається, і є однією з найважливіших товарних культур після картоплі, що вирощується кожним бутанським фермером. Майже кожне бутанське домогосподарство споживає квасолю і вона залишається такою ж високо затребуваною на ринку, проте в дослідженні [16] повідомляється, що посуха в майбутньому стане більш суворою через безперервну антропогенну діяльність [17].

Посіви квасолі із найбільшими площами сконцентровані переважно в тропічних та субтропічних поясах північної та південної півкулі. Понад половину сільськогосподарських угідь квасоля займає в таких країнах: Бразилії (4,7 млн га), Мексиці (майже 2 млн га), США (695 тис. га), Аргентині, Чилі, Ямайці, Гватемалі, Колумбії та ін., де близько 10 % щоденної дієти населення складає квасолевий раціон. Великі території під посівами квасолі звичайної знаходяться у азіатських країнах – КНР, Туреччині, Пакистані та В'єтнамі, вирощують її в Японії, Бірмі, Ірані та Індії. Крім того вирощують її і на Кубі, і у Канаді, а у країнах Європи головними основними сільгоспвиробниками квасолі являються Іспанія та Португалія [18].

Посіви квасолі приблизно 850 тис. га розміщуються у Румунії, де достатньо широко відома технологія змішаного вирощування культур зернової кукурудзи із звичайною квасолею, крім того відомо що і в Італії такі сумісні посіви становлять більше 500 тис. га. В Югославії площа квасолі становила 33,5 тис. га, проте показники середнього врожаю були порівняно вищими ніж при вирощуванні в інших країнах, та становили на рівні 34,8 ц/га. Площі посівів дрібнонасінних видів квасолі, переважно зосереджені в КНР, Корейській Народній республіці, Пакистані, В'єтнамі, Японії, Лаосі та в Індії і займали вони площу близько 3 млн. га, про що свідчить ріст посівних площ у світовому господарстві. Найвищі показники урожаю квасолі вже традиційно декілька років отримували на полях Італії, цей показник становив – 34 ц/га, в США урожай квасолі тривалий час становив середні дані 13,3 ц/га, а найменші показники урожаю звичайної квасолі був відмічений в Угорщині та становив 2,2 ц/га. Також слід відмітити, що посівні площі квасолі коливалися за роками залежно від скачків кон'юнктури ринку та залежали від фінансової стабільності світових країн постачальників цього продукту. Прийнято рахувати, що головною країною експорту квасолі була Бразилія, на другому місці були Мексика та Індія. А головними країнами-імпортерами виступали Англія, США, Італія, Франція та ряд європейських країн. Перспективним розширення посівних площ виявилось для країн з районами, де отримували стабільно високі врожаї: а саме в Україні, Молдавії, Болгарії, Грузії, а при введенні у вирощування високоврожайних сортів перспективним таке господарювання вважалось для районів чорноземної та південної частини нечорноземної зони, за сприятливих погодно-кліматичних умов [19].

Цікавим являється той факт, що більшість форм квасолі, яку культивують у світовому землеробстві належить до посухостійких та жаровитривалих форм. За даними світових ФАО приблизно із загальної кількості вирощування квасолі на рівні  $29,05 \times 10^6$  га посівної площі, у всьому світі виробництво посухостійких бобів становить близько  $22,8 \times 10^6$  га, щорічно [20]. Найбільші площі посухостійких форм квасолі виробничники вирощують у Бразилії, Мексиці, Китаї, США. У Канаді посухостійкі форми квасолі є економічно важливою культурою. У 2014 році всього 278000 т продукції було зібрано з площі 126000 га в Канаді, із середньою врожайністю – 2,27 т/га. Канада імпортувала близько 80000 т і експортувала 363000 т квасолі у 2013 році із середньою ціною 765-795

канадських дол, враховуючи, що чисельність населення світу до 2050 року зросте на 30% у виробництві звичайної квасолі необхідні напрацювання для задоволення глобального попиту квасолі серед населення [21].

Інтенсифікація світового сільського господарства є однією з цілей досягнення сталого розвитку, у тому числі і за рахунок вирощування зернобобових. Зернобобовим культурам, зокрема квасолі відводять роль в урізноманітненні харчових продуктів, це своєрідний запас поживних речовин, це джерело кормового білка, це джерело азоту для забезпечення ґрунту, це управління системами вирощування багатьох сільськогосподарських культур. На противагу американському континенту, Африці, Азії та Океанії, в Європейському Союзі виробництво квасолі звичайної різко скоротилося цей показник становить на рівні – 80,42% між 1961 роком (817 тис. тон) і 2013 р. (160 тис. тон). У цей період часу там був занепад сільського господарства, зниження вирощування бобових з перевагою у бік інтенсивного вирощування зернових культур, у цей час більшість європейців залежали від імпортованих зернових бобових культур, а це в свою чергу сприяло зміни у системі виробництва продуктів харчування та вплинуло на вирощування квасолі в Європі. Паралельно зі зниженням виробництва звичайної квасолі, дані FAOSTAT вказують і на відносне зниження продовольчого балансу і в Європейському Союзі (ЄС). Скажімо, зниження споживання квасолі у Європі падає з 1,5 кг/душу/рік (1961 р.) аж до 0,78 кг/душу/рік (2013) [22]. Деякі автори пояснюють такі тенденції із окремими факторами, що пов'язані з продуктивністю сільськогосподарських культур, державною політикою управління, уподобаннями споживачів, скорочення європейських інвестицій фермерів у виробництві зернових зернобобових культур, зниження рівня фінансування селекційних програм для збільшення генетичного різноманіття та розвитку більш кращих сортів, адаптованих до місцевих умов вирощування та вимог споживачів (сортів високої якості) [23].

На колишню територію країн СНД квасоля потрапила одразу через декілька шляхів. Історико-географічні джерела вказують на культуру мілька (маша) при зрошенні біля сучасного Узбекистану в IX – X ст. н.е. Значно пізніше у XIX ст. з'являються дані про давню культуру маша в Хіві. У Грузії маш відомий здавна, але ніколи не мав тут економічного значення. У Вірменії та Азербайджані його обробляли на дуже обмежених площах, садибах. Наприкінці XVIII та XIX ст. Маша була відома в низовинній зоні Дагестану і на Тереку. У Туркестані наприкінці XIX ст. та першої чверті XX ст. Маша була звичайною культурою при зрошенні, а також на ділянках забезпеченої богари. А. І. Шахназаров (1908 р.), показує, що у зрошуваних землях маш сіють другий культурою (пожнивню) після озимих і ярих хлібів [24, 25].

На Далекому Сході маш обробляли корейці та китайці кілька століть тому. Незважаючи на давність введення в культуру незграбної квасолі (адзуки) у Китаї, Кореї та Японії, в інших країнах вона була майже невідома. Великим зрушенням у культурі квасолі у Заурал'ї стало розширення зони її обробітку в польових умовах. У 1960-тих роках ареал обробітку квасолі збільшився в 5-6



раз; з'явилися райони її культури в Білорусії, центрально-чорноземних областях, на Північному Кавказі, Поволжі, південній зоні нечорноземної смуги, Західного Сибіру, а особливо в центральних районах Сибіру [26, 27].

Становлення культури квасолі під назвою лобія відбулося у Західній Грузії. За одними припущеннями, квасоля сюди потрапила з Туреччини, за іншими безпосередньо морським шляхом з країн Середземноморського басейну. Л. Л. Декапрелевич писав, що дані про проникнення квасолі мізерні і важко уявити, коли саме і звідки квасоля була занесена до Грузії. Однак, безсумнівно, спочатку квасоля потрапила до Західної Грузії і її культура поступово просувалася на Схід. У 1934 р. було опубліковано роботу І. А. Джавахішвілі грузинською мовою, в якій докладно розбиралося питання історії квасолі в Грузії. Джавахішвілі вважає, що квасоля проникла у першій половині XVII ст. до Грузії з Туреччини, спочатку до Гурії та Мегрелії, а потім і далі до східних районів Грузії. Розвиток культури квасолі у Вірменії та Азербайджані належить до другої половини XVIII ст., тут квасоля була в культурі в малому сортовому розмаїтті і мала лише споживче значення, як городня культура. В 1930 році виникли нові сировинні бази лімської квасолі у Вірменії, Краснодарському краї та Молдові. Тут вперше стали заморожувати недозрілі боби лімської квасолі у свіжому вигляді для вживання протягом цілого року. Паралельно росли та зміцнювалися сировинні бази консервної промисловості та для звичайної квасолі [28].

У Грузії, Азербайджані та Узбекистані пройшли позитивні випробування нових видів квасолі, яких раніше не обробляли, наприклад: рисової квасолі (*Ph. calcaratus Roxb.*), що вирощується на корм та зелене добриво; *Ph. semierectus L.* та *Ph. aconitifolius Jacq.*, що мають кормове значення. *Ph. aconitifolius* в Сухумі показав себе, як рослина для газонів та задерніння крутих схилів. Найбільше практичне значення має рисова квасоля для посіву на чайних та тунгових плантаціях, а також у ряді районів вирощування тютюну, ефіроолійних та інших південних культур. Крім Грузії, Азербайджану та Узбекистану, було проведено багаторічні дослідження з різними видами квасолі в Молдові, які ще не перевірені практикою сільськогосподарських підприємств [29].

Поява квасолі в Україні та її поширення досі залишається спірним питанням серед науковців. Наприклад Грушко М. Ф. вказує, що квасолю в XVI столітті завезено з Англії, а ряд науковців на чолі з Івановим Н. Р. та Бахтєєв Ф. Х. стверджували, що квасоля завезена до нас із сусідньої Польщі в XVIII столітті. Однак достеменно відомо, що квасолю в Україні вирощують вже декілька століть, а підтвердженням цьому є рукописи Чорноглазова Л. А., та інших вчених [30].

Вперше робота зі сортотипами квасолі на території України була проведена у Харківській обласній сільськогосподарській станції в 1919 році, де було зібрано та опрацьовано понад 690 зразків із різних сільськогосподарських ділянок. Із них біля 120 сортотипів у 1932 р. посіяно на землях української станції Всесоюзного Інституту спілки прикладної ботаніки і нових культур. Згодом у 1934 році всю колекцію бобів було передано на харківську науково-

дослідну станцію, яка ще розширилась за рахунок поповнення місцевих форм із Всесоюзного науково-дослідного інституту кукурудзи. А вже у 60-х роках минулого століття було занесено до реєстру 33 різновиди, які вже були районовані для використання, включаючи 18 селекційних, місцевих – 12 і 3 іноземних сортів. Найбільші площі посіву квасолі 140-150 тис. га. були відмічені у довоєнний час, а саме у період з 1930-1937 років [24].

Україна завжди належала до традиційних регіонів вирощування квасолі з отриманням високих показників урожаю. Цьому сприяли перш за все родючі ґрунти, сприятливі умови вологозабезпечення, достатня кількість світла і тепла. При досить тривалому безморозному періоді дають можливість аграріям України одержувати стабільно високі врожаї даної культури, але для цього рекомендують застосовувати певні агротехнічні заходи, які змогли б забезпечувати оптимальний ріст і розвиток рослин квасолі з урахуванням їх морфо-біологічних особливостей [31].

Територія посівів квасолі в Україні становить за даними Державної статистики України станом на 2020 рік 42,3 тис. га, з них 33,5 тис. га вирощується у домогосподарствах населення і менша четвертина 9,5 тис. га на полях сільськогосподарських підприємств. Різко скоротилось виробництво квасолі в Україні протягом останніх років. Тенденція до спадання відслідковується уже з 2004 року, коли площа посіву була на рівні 28,2 тис. га, на момент 2008 р. даний показник становив 19,8 тис. га, але у 2015 р. знов виробництво квасолі зросло до 35,0 тис. га. Продуктивність квасолі протягом останніх років дуже знизилась, порівняно із біологічною. Причому така тенденція зберігалась, як на сільськогосподарських підприємствах, так і в межах сільських домогосподарств та становила на період 2019 року не вище, ніж 1,0 т/га, а середні показники не перевищували 1,7 т/га. Оптові та роздрібні закупівельні ціни на свіжі боби доволі високі, це підтверджують дані статистичних служб останніх років, а це як правило, сприяє високій економічній ефективності технології вирощування квасолі [32].

Постійний та стабільний світовий попит на квасолю сприяло Україні наростити експорт зерна з 2,6 тис. тонн в період 2014 року, до 12,6 тон до 2017 року. Хоча це і не такі вже великі цифри, але цього виявилось цілком достатньо, щоб бути одними із основних експортерів сухої квасолі серед держав Чорноморського регіону. На українських експортерів уже звернули увагу кращі країни-гранди «квасолевого» бізнесу, до яких відносять Китай, М'янму, Ефіопію, США, Аргентину та Канаду.

Згідно аналізу літературних джерел по вирощуванню квасолі в Україні, найбільше сприятливими до вирощування даної культури виявилися регіони у Лісостеповій зоні та Прикарпатті, де квасоля зарекомендувала себе, як високоврожайна культура зі стабільними показниками високої якості урожаю. Посівна площа квасолі в Україні становить близько 4 тис. га. Звичними регіонами для вирощування квасолі є Тернопільщина, Хмельниччина, Івано-Франківщина, Львівщина та Чернівецька область. Добрі урожаї забезпечує квасоля і в умовах Закарпаття [33, 34, 35]. Вже традиційно квасоля була і є

одним із найкращих попередників для набору сільськогосподарських культур, вона є ідеальною культурою для сівозмін [36], використовують її як зелене добриво [37, 38], а також квасоля поліпшує фізико-хімічні властивості ґрунту [39].

В Інституті рослинництва ім. В. Я. Юр'єва в м. Харкові знаходилися величні колекції квасолі, зокрема відома базова колекція квасолі, яка охоплювала 4498 зразків з 88 країн світу, навчальна колекція квасолі, яка складалась із 115 зразків з 26 країн світу, проте під час військових дій частина цих колекцій були знищені, частину вдалось врятувати [40].

Найбільша у світі колекція цієї тропічної агрокультури за даними Міжнародного центру (CIAT) налічує понад 40000 зразків, з яких 26500 – культурні види квасолі (*Phaseolus vulgaris*), близько 1300 – дикі види квасолі, а решта – далекі родичі квасолі [41]. Внутрішньовидова організація генетичної мінливості *Phaseolus vulgaris* добре вивчена. Першими були виділені два великих генофонди – мезоамериканський та андський південно-американський. Про існування цих двох генофондів було висвітлено у працях [42, 43].

Аграрії Киргизстану у 2008 році змогли отримати врожай на рівні 64,3 тис. тонн квасолі, а валовий збір у країні становив відповідно при цьому 70,8 тис. тонн [44].

Першими європейцями, які мали можливість насолодитися смаком квасолі, вважають конкістадорів іспанських. Квасоля користувалась великим попитом у кухні ацтеків, у соратників Кортеса тощо. Проте мало хто з них зумів розпізнати цінність та поживність у культурі, що так широко цінилась у індіанців, вважаючи їх лише черговий різновидом давно відомих бобів. У Бразилії наприклад, до приходу португальців квасолю іменували як «команда», «комана» або «кумана», а пізніше вона стала просто фейжо (від порт. *feijão* – боби) тоді як на іспаномовній частині Південної Америки її іменують як фріхолес (ісп. *frijoles*).

Наполеон Бонапарт під час свого правління включив квасолю в стандартний солдатський пайок, тому квасоля була неодмінною частиною раціону французької армії за часів правління імператора [45].

Французький місіонер відомий історик і лінгвіст Бернардіно Саагун висвітлив різноманітні відомості про квасолю причому детально описавши її спектр кольорів довжини боба та навіть візуальну оцінку насіння. Виклав все це у своїй енциклопедичній праці під назвою «Загальна історія справ Нової Іспанії», що побачила світ у 1577 році. А вже за півтори сотні років квасолю вирощували чи не на кожному європейському городі, вона була складовою багатьох страв, практично повністю витіснивши собою більшу частину інших бобових культур, за винятком гороху і сочевиці. Звичайна квасоля до нас завезена всередині XVI століття за правління Петра I та займала свою нішу у ряді сільськогосподарських культур. І вже на сьогодні у Європі її вважають головною бобовою харчовою культурою.

Позитивний приклад західних сусідів перейнятий і Україною. Більше того, сьогодні жодна українська господиня не уявляє національну самобутню

страву «правильний» борщ без квасолі, який претендує на включення до переліку об'єктів нематеріальної культурної спадщини ЮНЕСКО. Проте якою б не була закоханість у квасолю українців, все ж таки вони поступаються слов'янам болгарам, які поважаючи цю культуру стали святкувати в останню неділю листопада день квасолі. Початком квасолевого свята розпочинають з гучного пострілу гармати, яку спеціально до свята облаштовують. Після чого розпочинається квасолевий спеціальний фестиваль, учасники якого мають змогу продегустувати найрізноманітніші страви з квасолі. Варто вказати, що за пропозиціями дієтологів, оптимальна доза споживання квасолі для дорослої особи відповідає трьом склянкам на тиждень, але дотримуються по факту в Європі її лише жителі Великобританії.

Досить різноманітний спектр страв для приготування із квасолі рекомендують кухарі. Її можна влючати до усіх страв, включаючи десерти. Застосування квасолі у десертах, це справжня знахідка для експериментаторів кулінарних рецептів. Ось приміром повноцінний обідній набір: в якості закуски беремо з єврейської кухні квасолевий паштет «а ля гумус», український борщ або угорський боб-гуляш – на перше. Лобіо або чанахі можна замовити на друге (які, до речі, багато українців відкрили для себе при знайомстві з закарпатською кухнею), підійдуть також і бразильські тату або фейжоада. В якості десерту можна обрати корисні та оригінальні квасолеві запіканки, пироги, брауні, цукерки, солодка паста з червоної квасолі коси-ан, желе і це лише невелика часточка страв, що надихають кондитерів та захоплюють дегустаторів. І це ще не рахуючи боби квасолі, які також широко застосовуються в кухнях багатьох народів [46, 47].

Історії виникнення та поширення квасолі присвятили свій час багато як вітчизняних, так і зарубіжних науковців, проте єдиної думки й досі не вдалось досягти: звідки і коли потрапила квасоля у сьогоднішнє світове землеробство.

## 1.2. Ботанічно-морфологічні та біологічні особливості квасолі

За даними багатьох літературних джерел рід Квасоля (*Phaseolus L.*) відповідно до загальноприйнятої класифікації відноситься до сімейства Бобових (*Fabaceae L.*) і нараховує понад 80 видів, з яких 20 вирощують, в якості культурних видів, а 50 відносять до дикорослих, що переважно поширені в Північній та Південній Америці [48, 49, 50].

Саме враховуючи географічне поширення квасолю систематизують на дві великі географічні групи – американську та азіатську. Для більш численніших американських видів квасолі характерні великі пластичні форми квасолин з видовженим дзьобиком вгорі, вони мають незначну кількість насінин в стручках, характеризуються великим розміром насіння, і відносно мають маленькі клиноподібні прилистки, насіння таких видів, зазвичай практично не розварюється, залишаючись у цілому непорушеному вигляді [51]. Ці види включають такі види: Рід *Phaseolus* включає п'ять культурних видів квасолі,

зокрема: квасоля звичайна (*Phaseolus vulgaris L.*), квасоля лімська (*Phaseolus lunatus*), квасоля багатоквіткова (*Phaseolus coccineus L.*), квасоля гостролиста, або тепарі (*P. acutifolius A. Gray*) та квасоля багаторічна (*Phaseolus polynathus L.*). Для азійських видів квасолі, які походять з Азії, характерні відносно невеликі, видовжені, безключі квасолини з дрібним насінням та широкими ліроподібними прилистками. До даної групи входить рід Бобових – Вігна (*Vigna L*) і різниця між цими родами полягає у відмінності біохімічного складу пилку та будові гінецею. Так, до роду *Vigna* включені такі види азійської квасолі, як маш, або золотиста (*Vigna aureus L.*), урд, або чорний маш (*Vigna mungo L.*) і адзукі, або кутаста (*Vigna angularis L.*). Усі ці види квасолі це самозапильні ліановидні або що в'ються або ж стеляться, трав'янисті з трилистим листям. Але доцільно вказати, що окремі види належали й до інших родів [52, 53, 54].

Квасоля це бобова культура, однорічна, трав'яниста, самозапильна та жаростійка. Дуже часто квасолю класифікують, як овоч. Коренева система змішана, складається зі стержня та первинних і вторинних коренів. Окреме коріння може проникати на глибину 1,2 метри, а в ширину розгалужуватися близько 0,7 м, тому коренева система квасолі здатна забезпечити її достатньою кількістю вологи та поживних речовин. Основна маса кореневої системи розташовується в орному шарі та розповсюджується в діаметрі до 60 см [55]. Саме від забезпечення вологою залежить утворення та кількість вторинних коренів у рослині, їх міцність та життєздатність. На корінцях квасолі розвиваються бульбочкові бактерії, саме вони здатні фіксувати азот із повітря [56, 57, 58].

Після сівби протягом 2-3 діб насіння квасолі інтенсивно вбирає вологу (понад 120-150% від своєї маси) і швидко бубнявіє. При цьому шкірка насіння розривається, корінь проростає і заглиблюється в ґрунт. У цей період підсім'ядольне коліно у вигляді петлі виходить на поверхню ґрунту і виносить дві великі м'ясисті сім'ядолі. За сприятливих умов сходи квасолі з'являються через 8-11 діб після сівби. За період від сходів до утворення першої пари листків сім'ядолі відіграють основну роль у забезпеченні рослин поживними речовинами. Згодом сім'ядолі тоншають, зморщуються і відмирають. Якщо видалити сім'ядолі зразу за виходом їх з ґрунту, рослина гине [59]. Листки непарноперисті, на довгих черешках. Листкові пластини великі, серцеподібної форми, слабоопушені; трійчасті листки складаються з досить великих листочків, переважно з загостреними верхівками. У ряді випадків вони злегка опушені. Залежно від сорту листки мають свій спектр кольорів: салатові, світло-зелені, зелені і темно-зелені, часто з антоціановим забарвленням. За формою вони серцеподібні, трикутні, ромбоподібні, яйцеподібні. У пазухах листків розміщуються квітконоси [60].

Певна частина рослин сортів квасолі має стебло витке, в іншій частині стебло пряме; покрите рідкими волосками. Стебло трав'яне або слабо здерев'яніле, від основи галузиться. Довжина стебла рослини знаходиться в межах від дуже короткого (< 20 см) до дуже довгого (> 250 см). За типом куща

квасоля буває: напіввитка, витка, із закрученою верхівкою, напівкущова та кущова. Форми квасолі поділяються на три види: зернову, спаржеву (цукрову) та напівспаржеву (напівцукрову). Плоди квасолі рекомендовано вживати їжу коли вони перебувають у технічній стиглості. За даними різних авторів виткі форми квасолі в Україні вирощують тільки в індивідуальному секторі, як колову або шпалерну культуру [25, 61, 62].

У сортів квасолі стебла які плетуться, можуть досягати до 2-5 метрів, тоді як кущові форми квасолі можуть формувати стебла не більші як 30-60 см [63].

З ростом стебла та листків одночасно й формуються репродуктивні органи квасолі.

У рослин квасолі на кожній особині утворюється від 2-3 до 10-12 квіток. Квіти у цієї культури двостатеві. Квітки по 2-6 на довгих квітконіжках, середні й великі (від 11-15 до 27 мм), білі, темно-пурпурні, рожеві, метеликові, фіолетові. Квіти зазвичай починають цвісти з нижнього яруса. Суцвіття у квасолі називається пазушна китиця. У квасолі з білими квітками насіння, як правило, також біле, рожевими – коричневе, з фіолетовими насіння відповідно чорне. Квітки квасолі двостатеві [64]. Чашечка складається з п'яти зрощених між собою чашолистків, п'яти пелюсток, десяти тичинок і маточки. Зав'язь верхня, одногніздна. Насінних зачатків багато. Дозрівання приймочки відбувається ще в бутоні за день до його розкриття. Пиляки розміщуються в два з'єднаних ряди щільним кільцем довкола приймочки і розкриваються ще вночі. Дозріла приймочка має булавоподібну форму, зверху вкрита волосинками. Квітки розкриваються переважно в ранкові години, коли запилення вже відбулося і пилок почав підсихати. Кожна квітка цвіте лише 2-3 доби. Період цвітіння китиці становить 10-14 днів, а всієї рослини – залежить від частоти зборів плодів у технічній стиглості. При частих зборах він може розтягуватися до 100 діб. У насінницьких посівах рослини квітують 20-30 діб. Не дивлячись на пристосування квасолі до самозапилення, в жарку погоду, особливо в південних районах, спостерігається часткове перезапилення за допомогою комах-трипсів, бджіл, джмелів та інших, які переносять пилок із квіток інших сортів на дозрілу приймочку ще до запилення її власним пилом. Багатоквіткова квасоля схильна до перезапилення. При перехресному запиленні утворюються різні форми гібридів, які значно відрізняються від батьківських, особливо за забарвленням насіння. Тому в насінництві між сортами потрібно дотримуватися просторової ізоляції на відкритій місцевості 50 м, на закритій – 20 м [65, 66].

Цвітіння квасолі окремих сортів може розпочатися вже на 10 день [67], хоча зазвичай воно починається між 28 і 40 днями. У витких сортів, що вирощуються на великій висоті, воно може відбуватися значно пізніше [68]. Після запилення і запліднення квасолі утворюються плоди – двостулчасті боби, висячі, 5-26 см довжини, 1-1,5 см завширшки, прямі або зігнуті, залежно від сорту або від різновиду. Стулки боба з'єднані черевним і спинним швами, до шва черевного плодоніжкою кріпиться зерно квасолі. По спинному і черевному швах лягають волокна, добре виражені у сортів цукрових та луцильних. Колір

від блідо-жовтих та зелених до темно-фіолетових, із 2-12 насінинами. Сорти квасолі за будовою бобу поділяють на луцильні (зі щільним пергаментним шаром), напівцукрові (зі слабозвиненим пергаментним шаром при переході до воскової стиглості) та цукрові (спаржеві) – без пергаментного шару [69].

Перші боби з'являються над 6-8 вузлом на висоті 18-29 см від поверхні ґрунту. За формою вони бувають прямі, зігнуті, серпоподібні, плескати, циліндричні, гладенькі, зморшкуваті та сітчасті, завдовжки 6-20 см, завширшки або діаметром 1,3-1,8 см. Технічна стиглість бобів настає через 8-10 діб після утворення зав'язі. У технічній стиглості вони зелені, зелено-жовті, темно-зелені, фіолетові, часто з штрихами різних відтінків. У біологічній - бурі, попелясті, рожево-білі, жовтувато-бурі зі штрихами різних відтінків. Технічна стиглість бобів настає через 30-65 діб після з'явлення сходів, коли зерно в них досягне розміру пшеничного [70].

За тривалістю вегетаційного періоду (від з'явлення сходів до першого збору бобів у технічній стиглості) сорти квасолі спаржевої поділяють на ранні (до 45 діб), середньостиглі (46-55), середньопізні (56-65) та пізньостиглі (понад 65 діб).

Уже через 80-110 діб настає біологічна стиглість квасолі від моменту появи сходів і залежно від сорту квасолі. Насіння 5-15 мм довжиною, колір від білих до темно-лілових та чорних, однотонні або мозаїчні, крапчасті або плямисті, є також і різнокольорове насіння. Насіння квасолі може бути кулясте, еліптичне, виповнене сплющене, ниркоподібне, циліндричне та округло-видовжене за формою, а за розміром насіння буває: дрібне (маса 1000 насінин до 150 г), середнє (150-450 г) і велике (450-750 г). За умови вологості 14% насіння квасолі зберігає схожість більше, як 3-4 роки [71, 72, 73].

В Україні в основному вирощують квасолі звичайну (*Phaseolus vulgaris* Savi), яка відноситься до рослин короткого дня. Однак є сорти нейтральні і навіть, які позитивно реагують на довгий день, тобто їх можна вирощувати в північних районах. Квасоля – дуже вимоглива культура до умов навколишнього середовища [74]. Це теплолюбива рослина і насіння її починає проростати вже при умові досягнення температури на рівні 8-10°C, а за умови зниження температури до 0°C і нижче, сходи можуть бути пригнічені та пошкоджені. За зниження температури до 0,5-1,0°C сходи квасолі можуть загинути. Лишень окремі сорти можуть витримувати заморозки на поверхні ґрунту або у повітрі до - 2,0°C [75].

У світовому землеробстві квасолі вирощують у теплих помірних, субтропічних і тропічних умовах [76]. А. Beaver зауважує, що квасоля легко адаптується до жарких умов, але важко переносить перезволоження ґрунту в умовах Кенії [77]. Рослина добре адаптована для вирощування від рівня моря до висоти 3000 м над рівнем моря, але при умові достатньої кількості вологи. Річна кількість опадів повинна становити від 300 до 4300 мм. Сильні опади та спекотна пора року сприяють опаданню квітів та стручків, збільшують також появу різних хвороб. Є відомості зарубіжних науковців, що рослини квасолі добре почуваються у стоячій воді, або ж за умов надмірних показників



вологості, але небезпечними є для них опускання температури нижче 10°C [78, 79].

Порівняно із горохом, квасоля потребує значно вищих показників середньодобових температур, щоб забезпечити нормальний ріст та проходження фенологічних фаз. Одним з основних чинників, що впливають на врожайність квасолі є температурний режим повітря та ґрунту. Так, оптимальна температура під час вегетації становить 20-25°C, а от під час цвітіння температура повітря не повинна перевищувати 35°C. За впливу підвищених температур, особливо під час посухи, квітки і зав'язь засихають [80, 81]. Висока температура також несприятлива. При температурі вище 30°C знижується кількість насінин у бобі, відбувається аборткування плодоеlementів, а при температурі 39°C ростові процеси в рослині зупиняються [82].

Для забезпечення швидкого проростання насіння квасолі потрібно багато вологи, близько 105 % від його маси, проте сходи добре витримують посуху. Дуже чутлива квасоля до нестачі вологи в ґрунті та повітряної посухи в період цвітіння-достигання (обпадають квітки, зав'язі). Найсприятливішою вологістю ґрунту в період вегетації є 70-80 % НВ. Квасоля вважається більш посухостійкою, ніж інші бобові культури, як соя, горох, сочевиця або боби звичайні. Добре витримує посуху до фази цвітіння, а в фазу цвітіння і утворення бобів при нестачі вологи припиняється, як процес цвітіння і плодоутворення, і як наслідок, на рослині формуються пусті або маленькі не виповнені боби. Найбільш оптимальною вологістю ґрунту в період вегетації квасолі є 70-80 % НВ. За умови нестачі вологи в ґрунті насіння повільно бубнявіє, сходи затримуються, ріст і розвиток квасолі дещо сповільнюється, а при посушливій погоді формуються карликові рослини. Це явище небажане, тому наявність вологи має важливе значення. Ще одне негативне явище у вигляді повітряної посухи в період квітування рослин, як правило призводить до осипання бутонів і квіток. У цей період рослини квасолі здатні швидше пошкоджуватися павутинним кліщем. Відмічено, що нестача вологи в ґрунті в період наливу бобів призводить до збільшення пергаментного шару та потовщення на швах волокон, зменшення розміру бобів, що різко знижує їх якість. Боби стають з грубуватою консистенцією плодів, та з тонкими невеликими зернами. Надлишок вологи, також негативно впливає на квасолю, особливо в холодну хмарну погоду. Рослини квасолі негативно відносяться до перезволоження, оскільки страждає як коренева, так і надземна її частина. Коренева система ослизнюється, листки передчасно жовтіють та відмирають, гальмується ріст і розвиток рослин, бутони та квітки осипаються, а на рослинах появляються грибкові захворювання [83].

Великий вплив при вирощуванні квасолі відіграють системи обробітку ґрунту, які забезпечать в майбутньому формування сприятливого поживного, водного, теплового, повітряного режимів, накопичення і збереження у ґрунтовому середовищі вологи, мінімалізує витрати на випаровування, створить оптимальні хімічні, фізичні і агрохімічні умови для сприятливого росту та розвитку рослин, забезпечить гарні умови для мікробіологічної фіксації азоту

бульбочковими бактеріями. Вчасно проведені обробітки ґрунту призведуть до зниження забур'яненості посівів, зниження рівня хвороб і шкідників, а посіви кvasолі характеризуватимуться високими показниками продуктивності та якості продукції [84, 85].

Кvasоля погано росте на важких глинистих ґрунтах, через які повільно просочується вода, повітря, а надто перезволожений або оглєсний ґрунт також шкодить рослинам кvasолі. Не полюбляє кvasоля ґрунтів, які перенасичені азотом, оскільки вона сама може фіксувати його з повітря, тому найкраще вибрати для кvasолі сонячні, захищені від вітру ділянки з легким, родючим, водопроникним ґрунтом, з глибоким заляганням ґрунтових вод. Кvasоля добре розвивається та росте на багатому гумусом, мікроелементами, родючому і пухкому ґрунті. Позитивно відноситься і до підживлень мікроелементами безпосередньо перед самим цвітінням рослини. Ґрунт для кvasолі повинна бути трохи лужним, із показник за шкалою кислотності рН 6,0-6,5. Перед самою сівбою потрібно внести розкислювач. Для цього можна застосувати доломіт, крейду або золу [86].

Оскільки кvasоля надто вибаглива до ґрунтових умов, то науковці рекомендують обирати для вирощування кvasолі ґрунти чорноземи та середньозв'язні суглинки і мергелисті ґрунти, багаті на органічну складову, з нейтральною реакцією ґрунтового розчину (рН 6,5-7,0). Важкі ґрунти, які сильно ущільнюються, з близьким заляганням ґрунтових вод та засолені не придатні для вирощування кvasолі. Кислі піщані ґрунти для неї також малопридатні. Деякі види кvasолі тепарі та лімська гарно переносять легку солонцюватість ґрунтів у посушливих умовах. У помірно теплих лісостепових районах і в Прикарпатті рекомендується розміщувати кvasолю звичайну на південних схилах, де ґрунт швидше і більше прогрівається. На понижених місцях вона часто гине під час травневих приморозків. Проблема рослинного білка, дефіцит якого ще значний при виробництві кормів, упродовж багатьох років є актуальною, як з наукової так і практичної точки зору. Головною умовою її вирішення, незалежно від біологічних особливостей росту і розвитку культур є максимальна реалізація сортового потенціалу для отримання урожайності і білка високої якості при збереженні родючості ґрунту [87, 88, 89].

Більшість авторів рекомендують для культивування в Україні кvasолі, території Правобережного Лісостепу, адже дана культура дуже вимоглива до підбору посівної площі та ґрунтів. За концентрацією солей кvasолю можна віднести до групи солєнєстійких, яка помітно знижує врожайність, або рослини гинуть при засолєні ґрунєв до 0,1-0,4%. При цьому слід зазначити, що ступєнь солєстїйкостї рослин значною мїрою залежить вїд особливостей засолєння ґрунту. При сульфатному засолєнні, яке менш шкїдливе, нїж хлоридне і содове, а також при вмістї в ґрунті та ґрунтових водах кальцію, рослини переносять бїльш високї концентрації розчинних солей у ґрунті [90, 91, 92, 93, 94, 95].

При вирощуванні кvasолі варто звертати увагу на крутизну схилу та експозицію ділянки. Бажано обирати ділянки з південним або південно-

західним схилом, так як загальновідомо, що південні схили з крутизною 1° отримують стільки тепла, скільки забезпечені горизонтальні поверхні, що знаходяться на 100 км південніше [96, 97, 98]. Більш складним мікрокліматом характеризуються північні і східні схили. Якщо посіви квасолі будуть загорожені від вітрів лісовими насадженнями, пагорбами та кущами можна використовувати штучний, створений шляхом використання кулісних захисних посівів із озимої пшениці, соняшника, жита, овесу, кукурудзи [99,100].

Квасоля надзвичайно світлолюбива культура, проте добре розвивається і при затіненні. І тут відразу згадується легенда «про три сестри» кукурудзу, гарбуз і квасолі, та про їх сумісне вирощування. Більшість форм звичайної квасолі відносять до рослин короткого дня, тому і за тривалістю вегетаційного періоду сорти поділяються на ранні, які досягають за 75-85 днів, середньостиглі (85-100) і пізньостиглі (100-120 днів і більше).

В Україні слідом за Європою останніми роками зросла тенденція до біологізації рослинництва (починаючи з удосконалення сівозміни, в яку включають трави і бобові культури). За дослідженнями провідних науковців встановлено, що після збирання бобових культур у ґрунті зростає вміст фосфору та калію порівняно, ніж при збиранні колосових культур [101, 102].

Багато повідомлень зустрічається стосовно розміщення квасолі у сівозміні. Деякі автори рекомендують квасолі в сівозміні розміщувати після посівів просапних культур та озимої пшениці, адже як просапна бобова культура вона є добрим попередником для озимої пшениці та ярих зернових. З огляду на досвід при вирощуванні бобових культур, квасолі слід повертати на поле не раніше як через 4-5 років [103, 104].

Більшість дослідників, як і досвідчених аграріїв вважають квасолію однією із найкращих попередників для інших культур. За даними досліджень UC Riverside доведено, що квасоля здатна допомогти аграріям, зекономити на добривах. Якщо ввести квасолію в сівозміну, то можна підвищити родючість ґрунту. Взагалі всі бобові рослини, у тому числі й квасоля, унікальні тим, що вони здатні фіксувати азот та накопичувати його в ґрунті тоді, як інші рослини є лише його активними споживачами. Саме ця властивість принесла бобовим рослинам грандіозний успіх, як третього за величиною сімейства рослин на планеті. Науковець Габріель Ортіс у своєму дослідженні довів здатність квасолі продуктивно взаємодіяти з корисними бактеріями та фіксувати азот навіть за умов сучасного ведення сільського господарства. У багатьох випадках рослини, які люди починають окультурювати, втрачають здатність повноцінно взаємодіяти з бактеріями, якщо порівнювати з їхніми дикими родичами. Результати дослідження нещодавно були опубліковані в журналі *Evolution*. Досліди включали експериментальні дослідження на 20 різних видах квасолі і всі вони вказували на генетичну особливість їх симбіотичних здібностей, що проявлялися у здатності фіксувати азот. що позитивно вирізняє квасолію, як попередника для багатьох культур [105].

Для отримання високопродуктивних посівів квасолі провідні аграрії радять висівати її після найкращих попередників серед яких виділяють озимі та

ярі зернові, кукурудзу на силос і зерно, або ж зелений корм. Не бажано висівати після соняшнику, гречки, інших зернобобових культур. Оскільки квасоля рано звільняє поле, поліпшує структуру ґрунту, засвоює важкорозчинні форми добрив тому вважається добрим попередником для послідуєчих культур сівозміни [106].

Оптимально підібране місце в сівозміні при культивуванні квасолі це важливий аспект технології вирощування даної культури. Хорошими попередниками для неї є картопля, злакові трави, капуста, огірки. У польових сівозмінах можна використовувати сорти лише кущових форм та напіввиткі сорти квасолі, саме вони не потребують встановлення підпор. Сорти витких форм квасолі пропонують висівати лише разом в сумісних посівах із кукурудзою, соняшником, соризом, цукровим сорго [107, 108, 109].

Важливою умовою для отримання високого врожаю квасолі це посів на полях чистих від бур'янів. Сіяти квасолю після бобових культур можна не раніше ніж через 5-6 років. Досвід багатьох науково-дослідних установ та кращих агропідприємств показує, що високий урожай квасолі можливо отримати за будь якого попередника [110, 111, 112].

Основний обробіток ґрунту після стерньових попередників починається з лушення стерні дисковими луцильниками на глибину 6-8 см. Якщо треба, поле дискують удруге на глибину 10-12 см. Запирієні площі дискують двічі на глибину 10-12 см, засмічені осотом спочатку дискують на 6-8 см і вдруге луцять полицевими луцильниками (ППЛ-10-25) на глибину 12-14 см. Після кукурудзи замість дискових луцильників використовують важкі дискові борони (БДТ-10). Після таких попередників квасолі, як цукрові буряки, картопля, і на полі, чистому від бур'янів, лушення не проводять. Зяблеву оранку здійснюють плугами з передплужниками (ПЛН- 5-35, ПЛН-6-35) на глибину 20-22 см, після кукурудзи 25-27 см. Рано навесні при настанні фізичної стиглості ґрунту поле боронують боронами БЗТС-1,0 у двох напрямках і на другий-третій день перший раз культивують культиваторами (КШУ-6) в агрегаті з боронами на глибину 10-12 см. Після культивації ріллю вирівнюють шлейфами, планувальниками або волокушами. Перед сівбою проводять передпосівну культивацію з боронуванням на глибину загортання насіння [113].

Ґрунт під квасолю готують так само, як і під ярі зернові культури, з обов'язковою зяблевою оранкою. Так, після стерньових попередників у більшості випадків проводять два лушення дисковими луцильниками: перше на глибину 6-8, друге -10-12 см, за сильного забур'янення площі рекомендовано луцтити, а от на чистих від бур'янів полях після картоплі і цукрових буряків лушення не проводять [114.]. Зяблеву оранку виконують на глибину 20-22 см, а весняний обробіток складається з боронування, проміжної культивації в агрегаті з боронами на глибину 8-10 см, вирівнювання поля та передпосівної культивації з боронуванням на глибину загортання насіння [115].

На думку багатьох авторів найбільш доцільним заходом обробітку ґрунту для максимальної реалізації генетичного потенціалу квасолі звичайної як у різних ґрунтово-кліматичних умовах України, так і за кордоном практикують

проведення полицевого обробітку ґрунту, в якості оранки з повним обертанням скиби [116, 117]. Більшість досвідчених аграріїв та науковців, які займаються вивченням технології вирощування квасолі звичайної пропонують проводити оранку восени, при умові, що глибина обробітку повинна бути не меншою ніж 25-30 см на ґрунтах, які характеризуються середнім механічним складом, а на глинистих та суглинистих ґрунтах, з важких механічним складом – до 40 см. Такий агротехнічний захід забезпечить покращення умов мінералізації та синтезу органічної речовини, а низькі морозні температури протягом зимового періоду – поліпшують структуру ґрунту. Крім того така оранка сприяє затриманню снігу, що поліпшує умови вологонакопичення, особливо важливо це для регіонів з низьким волого забезпеченням [118,119]. Деякі науковці рекомендують проводити оранку не глибше як 30-35 см [120]. Позитивний ефект від проведення оранки на глибину від 30 до 40 см після збирання попередника зазначають і зарубіжні науковці. Це дасть змогу знизити популяцію бур'янів, поліпшити мінералізацію післяжнивних решток, знищити шкідників і поліпшити структуру ґрунту. Своєчасне проведення полицевого обробітку ґрунту гарантує вирівнювання ґрунту, що зумовить рівномірний розподіл вологи на полі та сприятиме її економії при проведенні зрошенні [121].

Існує твердження стосовно впливу способу та глибини основного обробітку ґрунту на продуктивність квасолі, що глибокий обробіток ґрунту – неефективний, а доводять переваги та доцільність проведення оранки на середню глибину. Для вирощування квасолі, науковці пропонують наступну схему обробітку ґрунту: поле після збору попередника обробляють дисковим знаряддям, з проведенням послідувочої зяблевої оранки на глибину 25-27 см. Мотивуючи це тим, що основна маса коренів, розміщується саме на глибині зазначеній при проведенні оранки, тому такий захід буде найоптимальнішим. [122]. При схилі з середнім градієнтом більше 30% дозволяється лише проведення мінімального обробітку, якщо градієнт складає від 10 до 30% то оранку можна проводити на максимальну глибину – 30 см. У випадку, якщо поле для майбутнього посіву знаходиться в зоні прояву водної ерозії, то потрібно через кожні 60 м робити поглинаючі борозни та рекомендують приміняти альтернативні системи землеробства [123].

З наукової точки зору, диференціація обробітку ґрунту насамперед повинна базуватися на показниках забур'яненості поля, звідси і рішення приймають про вибір виду та потрібну глибину основного обробітку під квасоллю у вигляді зяблевої оранки на глибину 20-22 см, а на забур'янених площах до 25-27 см [124]. За даними досліджень в умовах Передкарпаття з оптимально сформованим фітоценозом квасоля звичайна може давати порівняно високі врожаї за рахунок раціональної площі живлення, яку встановлюють за обробітку ґрунту на 20-22 см [125].

Ряд авторів уточнюють, що квасоля потребує не стільки удобрення, скільки можливості отримати великої кількості різних поживних речовин за відносно не довгий проміжок часу, що пов'язано із коротким періодом

живлення цієї культури. Квасоля добре реагує на післядію органічних та мінеральних добрив, внесених під попередник, однак найбільш вибаглива вона до наявності в ґрунті калію та кальцію. Фосфорно-калійні добрива в дозі 45-60 кг/га рекомендовано вносити під зяблеву оранку, а от азотні добрива радять вносити лише на бідних на рухомі форми азоту ґрунтах і то, тільки навесні під культивування в незначних дозах до 20-25 кг/га [126, 127].

Тривалими зональними дослідженнями різних вчених та дослідників встановлені певні параметри щодо властивостей ґрунту, природно-кліматичних умов вирощування квасолі і придатність її окремим регіонам. Це стало науковою основою для свідомого управління родючістю ґрунту, визначенням способу, строку та глибини виконання обробітку [128, 129, 130]. Висівають квасолю відповідно до рекомендацій фахівців у певному регіоні. Зазвичай в умовах Лісостепу України висівають її у перших числах травня, коли цвітуть каштани. Проте також інколи проводять сумісні посіви з іншими культурами, висаджуючи квасолини в середині квітня. Можна робити й так, але досить важливо, щоб ґрунт прогрівся до 10-12°C на глибині 10 см, бо інакше сходи довго проростатимуть [131].

Ряд вчених радять проводити сівбу квасолі у більш пізні строки, коли температура ґрунту на глибині загортання насіння досягне 12-14°C та в регіоні мине загроза весняних приморозків. Для сівби використовують протруєне та інокульоване насіння зі схожістю не менше 90-95 % [132].

Вирощування квасолі овочевої на краплинному зрошенні в умовах півдня України у Степу свідчить, що найбільша урожайність зерна квасолі сформувалася при виконанні чизелювання на глибину 20-22 см, внесені мінеральних добрив нормою N<sub>90</sub>P<sub>105</sub> за перед поливного порогу 75-80% НВ – 4,45 т/га. Застосування краплинного зрошення при вирощування квасолі в умовах Причорноморського степу забезпечує отримання врожаю квасолі на рівні 4,5 тон та сприяє зниженню рівня споживання води до 50 відсотків у порівнянні з традиційною технологією вирощування квасолі на зрошенні, що істотно послаблює техногенне навантаження на довкілля та підвищує економічну ефективність землеробства на меліорованих землях [133].

За результатами досліджень на чолі з Ушкаренком В. О., в умовах Степової зони квасолю висівали широкорядним способом з міжряддями 45-60 см, а от більш вологих Лісостепових регіонах рекомендується висівати її з шириною міжряддя 45 см. Норма висіву квасолі залежить від розмірів насіння та регіону вирощування. В середньому висівають 0,3-0,4 млн. схожих насінин на 1 га, що в ваговій нормі відповідає від 70-80 до 100-150 кг/га насіння. Вирощування квасолі звичайної звичайним рядковим способом в умовах півдня України у Степу, дозволяє сформувати валовий прибуток на рівні 11432-18959 грн/га. Розширення міжряддя до 30 см забезпечило найбільш оптимальні умови для формування показника, який збільшився проти попереднього, в середньому по досліді, на 43,7%, сягаючи максимальних значень за ширини міжряддя 45 см. За цих умов показник складав від 29701 до 42308 грн/га. Подальше розширення міжряддя призвело до значного зменшення величини валового

прибутку, в середньому по досліді, до 26672 грн/га. Ефективне виробництво неможливе без узагальнення показників витрат та прибутку, який характеризується рівнем рентабельності. Слід зазначити, що проведення полицевого обробітку на глибину 20-22 см за тих же самих елементів формували менші відповідні показники, (228% та 5486 грн/т), що є не суттєво [134].

В умовах Лісостепу, квасоля звичайна формує високі і сталі урожаї зерна за сприятливих погодних умов, дотриманню технології вирощування цієї культури, та добору районуваних сортів [135, 136, 137].

У міру загушення рослин квасолі звичайної від 500 до 800 тис. шт./га висота прикріплення нижніх бобів збільшується. Найвищий показник прикріплення нижнього бобу був відмічений у сорту Мавка за звичайного рядкового способу сівби з шириною міжрядь 15 см при густоті рослин 500 тис. шт./га. Висота прикріплення верхнього бобу та зона плодоношення зменшуються. Найвищу урожайність зерна квасолі – 2,89 т/га відмічено у сорту Мавка у варіанті досліді з густотою рослин 600 тис. шт./га при широкорядному способі сівби з шириною міжрядь 45 см, з приростом до контролю – 0,41 т/га. На урожайність зерна квасолі звичайної, в більшій мірі впливає сорт (54%) ніж спосіб сівби (33%) та густота рослин (13%) [138].

Після сівби подальший догляд за квасолею може полягати у проведенні міжрядних розпушувань ґрунту та досходового і після сходового боронувань (перша пара справжніх листків), так і в застосуванні хімічних заходів захисту рослин. У загальну технологію по догляду за квасолею можна віднести: знищення бур'янів, полив, підживлення, захист від хвороб і шкідників. Якщо не застосовували гербіциди для боротьби з бур'янами, то додатково потрібно буде провести до сходове боронування в один або два сліди впоперек напрямку рядів легкими боронами через 4-5 днів після сівби. У разі необхідності можна провести після сходове боронування – через 5-7 днів після появи сходів. В подальшому роблять ще 1-4 культивації, до періоду змикання рядів. Паралельно роблять прополку рядів, видаляючи зайві (слабкі або хворі) рослини. У міру необхідності проводять підживлення рослин квасолі [139].

Квасоля вимагає поливу, особливо в період цвітіння і плодоутворення але тут важливо відстежувати вологість і поливати тільки в разі потреби, зайва волога може привести до розвитку хвороб у рослин. В якості підгодівлі зазвичай використовують аміачну селітру 10-20 грам на 1 кв.м. На рослини квасолі можуть впливати вірусні, грибкові та бактеріальні хвороби: звичайна і жовта мозаїка, антракноз, біла гниль, іржа і кореневі гnilі, бурий і незграбний бактеріоз. З шкідників можна виділити: квасолева зернівка, іноді довгоносики і дротяники. Для боротьби з шкідниками і хворобами використовують такі підходи: дотримуються сівозміни, створюють необхідні умови для вирощування цих бобових рослин, купують якісне насіння, видаляють хворі рослини з поля. Всі наведені методи по догляду за квасолею ефективні, головне дотримуватися технології та відслідковувати ситуацію на посівній площі [140].



Квасоля дуже вибаглива до умов живлення. На формування її продуктивності на рівні 1 ц зерна з відповідною часткою соломи, вона потребує 5-6 кг азоту, 4-5 кг калію 1,5 кг фосфору, причому біля 90-95% необхідної зазначеної кількості названих елементів квасоля потребує і засвоює у період від початку сходів до фази утворення зелених бобів, який приблизно становить 50-60 днів.

За рахунок симбіотичної азотфіксації квасоля може забезпечити свої потреби в азоті до 50%. Тому кількість мінерального азоту має становити певним чином не нижче половини повної розрахункової дози. Квасоля позитивно реагує на внесення органічних добрив. Причому їх можна вносити як безпосередньо під квасолю, так і під попередник. Для кожного типу ґрунту загальноприйняті норми добрив під квасолю, серед мінеральних добрив рекомендуються такі дози: на сірих лісових ґрунтах  $N_{45-60}P_{45-60}K_{45-60}$ , на чорноземах –  $N_{30-45}P_{45-60}K_{45-60}$ . Квасоля добре відзивається на вапнування кислих ґрунтів, але його краще проводити під попередник за заздалегідь встановленими дозами. На врожай квасолі та якість зерна позитивно впливають мікроелементи – молібден, бор, марганець, магній, цинк, мідь [141].

Загальноприйнята технологія вирощування квасолі свідчить, що в сівозміні її не слід повертати на попереднє місце вирощування раніше, як через 4-5 років.

Білкова продуктивність та якість зерна квасолі безпосередньо залежать від умов вирощування, в першу чергу від забезпечення квасолі поживними речовинами. У зв'язку з розширенням виробництва та застосування азотних, фосфорних та калійних добрив значно підвищується роль мікродобрив, які часто стають лімітуючим фактором отримання високих та стійких урожаїв рослинної продукції з гарною якістю. Необхідність внесення у ґрунт тих чи інших макроелементів залежить від вмісту цих елементів у ґрунті та потреби в них оброблюваної культури.

Багаті врожаї зерна квасолі можна отримати на легких за механічним складом ґрунтах з необхідною кількістю поживних речовин та нейтральною чи низькою кислотністю. Слід зауважити, що в період вирощування квасолі рослині будуть потрібні значні дози фосфору, азоту та калію. За численними дослідженнями для утворення 100 кілограмів бобів рослини повинні взяти з ґрунту або атмосфери до 5-ти кілограмів азоту, 1,6-2 кілограми фосфору та 5 кілограмів калію. З цього можна зробити висновок, що підживлення квасолі протягом вегетаційного розвитку просто необхідне [142].

Половину необхідної дози азоту квасоля може брати з атмосфери внаслідок складних процесів симбіотичної фіксації, друга частина цього макроелементу надходить з ґрунту. Щоб повністю задовольнити потребу квасолі в азоті потрібно внести 50-100 кілограмів мінеральних азотовмісних речовин на гектар корисної площі, але такі норми внесення мінеральних добрив вносяться тільки на збіднених піщаних або супіщаних ґрунтах. Особливо вимоглива квасоля до фосфору та калію, нестача яких часто відмічається на всіх видах ґрунтів. Перше підживлення квасолі проводять після появи першого

справжнього листочка, а потім з інтервалом у 18-20 днів. Для внесення мінеральних добрив, що містять у своєму складі фосфор, підійде суперфосфат, фосфорне борошно. Калій міститься в деревній золі або калійній солі [143].

У помірно теплих лісостепових районах і в Прикарпатті дуже важливо квасолі розміщувати на південних схилах, тому що ґрунт прогрівається краще. На понижених місцях квасоля часто гине від травневих приморозків. Ділянки слід відводити захищені від північних вітрів, зі схилом на південь, які добре освітлені і прогріваються. Більша інтенсивність світла на півдні України дозволяє розміщати посіви квасолі в міжряддях плодових садів і виноградників. Іноді квасолі використовують, як ущільнювач капусти, картоплі, огірків. Сіють квасолі на рівній поверхні, на відстані 30-45 см, ряд від ряду 12-15 см у ряді, на глибину 2-3 см. При догляді за посівами важливо не допускати утворення кірки, адже квасоля виносить сім'ядолі на поверхню ґрунту і пробиваючись через кірку, сходи у фазі петельки ламаються. Високі врожаї бобів можна одержати в умовах достатньої забезпеченості вологою не тільки в період росту рослин, але й у період плодоношення. До зборів бобів квасолі приступають приблизно через вісім-десять днів після утворення зав'язей, збирають у кілька строків. Сорти типу Грибовська 92 і напівцукрових до збору лопаток приступають трохи раніше й збирають частіше, тому що вони дуже швидко грубіють. При запізненні зі збиранням лопатки цих сортів краще залишити до повної спілості. З 1 м одержують 0,8-1,8 кг лопаток, або 100-150 грам насіння. У сортів кучерявих і напівкучерявих урожаї лопаток і зерна вищі. Кращий час для збору бобів ранній ранок. У жаркий час дня боби (лопатки) швидко в'януть, втрачають товарний вид. Овочева квасоля швидкопсувний продукт. При зберіганні протягом двох діб при температурі 15-20°C квасоля втрачає не тільки зовнішній товарний вид, але й харчові якості (цукор і 30-50%) [144].

При проростанні квасоля (крім багатоквіткової) виносить сім'ядолі на поверхню ґрунту, тому загортати насіння треба на глибину 3-5 см залежно від вологості ґрунту. Щоб мати дружні сходи і створити сприятливі умови для роботи механізмів при збиранні, посіви коткують кільчастими або рубчастими котками.

Догляд за квасолею нескладний. Він полягає в регулярних поливах, прополюванні та розпушуванні ґрунту, підживленнях, захисті від хвороб та шкідників. Кірку і бур'яни до появи сходів знищують боронуванням легкими боронами впоперек напрямку рядків. На широкорядних посівах проводять не менше двох міжрядних розпушувань ґрунту з виполюванням бур'янів у рядках і гніздах. У вологих районах при вирощуванні кущових сортів під час другого або третього міжрядного обробітку квасолі підгортають, що сприяє провітрюванню і прогріванню важких ґрунтів. Міжрядний обробіток треба закінчувати до цвітіння рослин. Проти бур'янів застосовують лінурон (1,5 кг/га) або гезагард 50% з. п. (3 кг/га) за 2-3 доби до появи сходів.

При температурі повітря 20-25°C і достатній вологості після посіву сухим насінням сходи з'являються на 10-й день. При загрозі заморозку їх потрібно

обов'язково вкрити агроволокном. Якщо насіння кушової квасолі висіане густіше, чим рекомендовано то з появою першого справжнього листа формують потрібну густоту, залишаючи 30-35 рослин на 1 м<sup>2</sup>. Даний захід поєднують з першим розпушуванням і прополкою.

Під час проростання насіння квасоля страждає від паросткової мухи, яка поширена скрізь по Україні, але найбільше шкодить у західних областях. У період, коли квітує береза, паросткова муха відкладає яйця під грудочки ґрунту і робить це з великим задоволенням на вологому ґрунті з погано заробленими органічними добривами. Відродившись, личинки проникають у насіння. Якщо ушкоджуються сім'ядолі, то сходи запізнюються, ослаблені та відстають у зростанні, якщо зародок, то з постраждалого насіння сходи взагалі не з'являться. За літо розвивається три покоління, найбільш шкідливим є перше. Створення умов для одержання швидких сходів, а також ретельне закладення гною зменшують шкідливість паросткової мухи.

У перші 3-4 тижні рослини квасолі розвиваються повільно і можуть зарости бур'янами. У цей період потрібно провести прополки з розпушуванням або після першої вкрити ґрунт пухкою мульчею (шар 2-3 см). Якщо рослини розвиваються слабо, бліді, їх потрібно підживити – по 2-3 г аміачної селітри та калійної солі, 4-6 г суперфосфату на 1 м<sup>2</sup>. У підживленнях більше бідує кучерява квасоля, тому що вона утворює велику вегетативну масу. Друге підживлення можна провести через три тижні, але вже без азоту. У підживлення корисно додати мікроелементи – бор, молібден, марганець.

При значному дефіциті вологи в ґрунті рослини квасолі поливають до утворення 4-5 справжніх листків, потім відновляють поливи лише з початком цвітіння. Найбільш важливим для формування врожаю є полив у фазу зав'язування плодів. Щотижнева поливна норма становить 15-20 л/м<sup>2</sup> [145].

Листя квасолі особливо, що в'ється, ніжне і при попаданні на нього розчину або сухих добрив одержує опіки. Тому підживлення потрібно проводити обережно.

### **1.3. Поживна цінність та якісні показники квасолі**

Про цінність та поживність квасолі відомо ще на початку 16-го століття в Стародавньому Китаї та Єгипті, звідти й пішли перші згадки про квасолю, як продукт харчування. Спочатку в їжу використовували як самостійний продукт, лише зерна квасолі. Потім асортимент страв повільно розширювався і вперше стручки квасолі не дочекавшись їх дозрівання, зважилися спробувати у Італії. І вже зовсім скоро така страва завоювала половину Європи, причому у Франції було виведено навіть стручковий сорт квасолі, спеціально для таких цілей. Але чи відомо багатьом, який продукт через високий вміст білка називають «Рослинним м'ясом»? Звісно це квасоля – одна з найдавніших рослинних культур, яка прибула до нас з Південної Америки. Правда, згадки про неї можна зустріти і в давньоримських хроніках – нащадки Ромула і Рема виробляли з квасолевого борошна відмінну декоративну косметику. І тільки за

часів Колумба з цих бобів почали готувати різні страви. В Європі квасоля можна було побачити і на селянському столі, і на тарілці імператора – відомо, що вона була улюбленою похідною їжею Наполеона. Звичайно ж, квасоля вживають в їжу не тільки через її низьку калорійність. Цей продукт дуже корисний для організму за рахунок присутніх у ньому речовин. За даними різних джерел інтернет-ресурсів відомо, що квасоля – чемпіон по вмісту рослинного білка, який засвоюється на 80 відсотків. Корисні властивості квасолі обумовлені тим, що містяться в ній клітковина, крохмаль, вітаміни групи В, сірка, залізо, фосфор, калій. У кожного з цих речовин є денна норма споживання – кількість, яка необхідна для підтримки всіх функцій організму. Розглянувши детальний хімічний склад квасолі слід зробити висновок про те, як даний продукт забезпечує людську потребу у вуглеводах, жирах, білках, вітамінах, мікро-і мікроелементах [146].

Розвиток сучасного агропромислового виробництва на даному етапі становлення характеризується невисокими обсягами вирощування високобілкових культур рослинного походження, звісно окрім високотехнологічної культури сої. Тому використання різноманітних видів зернобобових культур забезпечує поповнення протеїном продовольчого кошика людини, у тому числі і за рахунок розширення площ посівів квасолі звичайної. Зерно квасолі багате білками, що вирізняються високою перетравністю [147].

Одна з найбільш поширених зернобобових культур, що традиційно вирощується на території України, це – зернова квасоля, використання якої виправдано з урахуванням гарної збалансованості амінокислотного складу, високої засвоюваності, ефективності цінової політики. Вирощування квасолі та переробка її на консервовану продукцію є перспективним напрямом, оскільки наша держава має сприятливі природно-кліматичні умови, достатній потенціал для виготовлення високоякісної продукції [148]. Квасоля є цінною продовольчою культурою. Значення її в народному господарстві визначається високими смаковими та харчовими якостями. Продукти з квасолі дозволяють не тільки задовольнити потреби людини в рослинному білку, але урізноманітнюють раціон харчування, тому користуються великим попитом у населення. Найважливішою в харчовому відношенні складовою частиною насіння квасолі є білки, які беруть участь у найважливіших функціях організму і не можуть бути замінені іншими харчовими речовинами. Квасоля володіє високою потенційною врожайністю, яка реалізується в разі дотримання агротехнічних вимог і рекомендацій. Середня врожайність зерна квасолі у світі близько 0,07 т/га, а за оптимальних умов – сягає 3,0-4,5 т/га [149].

Повноцінний та здоровий раціон харчування людини включає не лише боби квасолі, але й зелені стручки, які являються також доволі цінним продуктом харчування та містять практично всі необхідні для здорового та повноцінного харчування речовини. Харчова цінність насіння квасолі окреслює вмістом білка, показник якого становить від 20 до 26 %, крім того до його складу входять 41-56% вуглеводів, крохмалю, 0,4-3,5% жиру, 2,2-6,6% солей калію, фосфору, кальцію та заліза клітковини. Білок квасолі за складом

амінокислот близький до тваринного рівня молока або м'яса та засвоюються організмом людини на 75-85% [150, 151, 152]. До насіння квасолі входить майже увесь склад незамінних амінокислот такі як: валін, триптофан, лізин, аргінін та інші, таким чином можна стверджувати, що споживання квасолі майже у повній мірі може замінити нестачу м'яса [153, 154, 155]. Висока енергетична цінність квасолі, так в 100 г зерна міститься 309 ккал (1293 кДж), що в 2 рази перевищує м'ясо яловичини та в 7 разів – рибу [156, 157.]. Ряд науковців на чолі з Перегудою М. А. доводять, що у технічно зрілому стані свіжі зелені боби різних сортів практично не відрізняються за хімічним вмістом речовин, таким чином вони формуються на 88,5-92,5 % з води, 9,0-19,5 % – сухої речовини (з них 1,5-2,7 % азоту), крім того в них міститься до 6-7 % білка, 3,0-4,2 % цукру, 2,9-3,5 % крохмалю, 0,8-1,8 % клітковини та до 0,1-0,3 % жирів. Квасоля овочева являється високовмісним джерелом вітаміну С, цього вітаміну у складі квасолі міститься 27-45 мг/100 г, а також містить не менш важливі вітаміни В<sub>1</sub> – 0,4 мг/100 г, В<sub>2</sub>, В<sub>6</sub>, К, РР – 4,0 мг/100 г, також каротину на рівні 0,06-0,45 мг/100 г. Навіть за таких прекрасних характеристик квасолі, в Україні нажаль відмічається постійна тенденція до зниження посівних площ квасолі та її показників продуктивності, що призводить до порушення балансу при споживанні протеїну населенням. Переваги, користь та доцільність використання продуктів переробки бобових, зокрема і квасолі під час виробництва хлібобулочних виробів підтверджено численними науковими дослідженнями. У хлібопекарській промисловості борошняні суміші з бобовими можуть бути використані для розширення асортименту багатих на білок хлібобулочних та кондитерських виробів та інших біологічно активних речовин [157]. Варто зауважити, що холестерину в квасолі немає [158].

Крохмаль є основним запасом вуглеводів (22-45% від загальної кількості вуглеводів) у насінні квасолі і використовується рослиною, як джерело глюкози та енергії. З хімічної точки зору він складається з двох типів полімерів: амілози і амілопектину. Амілопектин вважається високоактивним розгалуженим полімером, що характеризується лінійним ланцюгом фрагментів глюкози пов'язаний  $\alpha$ -1,4-глікозидні зв'язки з кількома меншими ланцюгами глюкози на  $\alpha$ -1,6 позиції. Амілоза являє собою довгий нерозгалужений лінійний ланцюг  $\alpha$ -1,4-глюкани [159].

До складу квасолі входять також і ліпіди. Вміст різних жирних кислот у бобових досить різноманітний. У порядку зростання мононенасичених жирів у бобових показник вмісту олеїнової кислоти квасолі відносно низький (5,1-17,2%), якщо порівняти із вмістом в сочевиці (23,5-39,6%), бобах (25,2-2,4%), горосі (26,3-36%) і нутіві (31,4-34,8%). Однак звичайна квасоля багата на поліненасичені жирні кислоти (ПНЖК), 48,4-68,7% від загального вмісту ліпідів[160].

Цінність квасолі полягає і у тому, що крім вищезгаданих характеристик, вона ще й багата на клітковину та мінерали, омега-3 жирні кислоти. Свої корисні властивості квасоля добре зберігає і у консервованому вигляді. Серед багатьох видів квасолі найбільш дієточна – квасоля зелена, яка містить всього

25 ккал на 100 г, її додають до раціону всім, хто прагне схуднути. Є відомості, що квасоля володіє низьким глікемічним індексом, що дозволяє вживати її хворим на стрибки рівня цукру у крові. Квасоля містить антиоксиданти, які сприяють боротьбі з вільними радикалами, запобігаючи старості та онкології; вона багата на фолієву кислоту, яка підтримує процеси кровотворення, підтримує імунітет та стабільний емоційний стан; містить у своєму складі калій і магній, які корисні для зміцнення серцевого м'язу та нервової системи і багато інших корисних речовин. Вживати страви з квасолі рекомендують у період сезонного спалаху захворюваності, адже це є своєрідний захист імунної системи, та здатність організму чинити потужний опір інфекціям. Квасоля – чудовий продукт, але при споживанні її слід бути обережними людям, які дотримуються безглютенних та аутоімунних лікувальних систем харчування, оскільки квасоля, як і всі бобові, є джерелом глютену [161].

Зарубіжні науковці різних країн також вказують на високий вміст на рівні 20-35% білка у квасолі [161, 162, 163, 164], а дехто з них навіть вказують показники білка на рівні 50% [165]. Дослідження проводили вчені і на квасолі по регулюванню показників білка у цій рослині. Виводили та адаптували сорти з високими харчовими характеристиками квасолі для споживання їх населенню [166, 167, 168].

Не завжди користь від вживання квасолі. За словами Yasmin A., у квасолі звичайній є кілька сполук, такі як трипсин-альфа-амілаза, хімотрипсин, лектини та сапоніни, які не вважаються харчовим. Склад і активність цих антипоживних сполук відрізняються різними генотипами. Дослідження показали, що сирі боби мають подвійний рівень інгібування трипсину порівняно з червоною квасолею, також встановлено, що антихарчові сполуки є токсичними для людей, що страждають на хвороби шлунково-кишкового тракту. Наприклад, недостатньо проварені лектини бобів у багатьох випадках спричиняли харчові отруєння [169].

Звісно є багато способів приготування квасолі, з метою зниження вмісту в ній негативних сполук, задля уникнення харчових отруєнь людей. Використання квасолі, як кормової культури для годівлі тварин, обмежене через те, що в її недозрілих бобах, в стручках, насінні та зелених листках містяться отруйні речовини. Бажано правильно зварити ці боби перед згодовуванням худобі, наприклад свиням, щоб уникнути харчового отруєння. Варіння квасолі при температурі вище 1000 °C дозволяє значно зменшити вміст лектину. При смаженні, екструдованні та автоклавованні знижується вміст антипоживних сполук у звичайній квасолі. Оскільки бобові, зокрема і квасоля, мають спільні антигенні детермінанти (епітопи) існує ризик розвитку алергічної реакції у багатьох людей, які чутливі до вмісту лімфоцитів типу Th 2 [170, 171].

Досить широко znana квасоля і у народній медицині, де теж здавна користуються цілющими властивостями. Квасоля часто використовується при серцевій недостатності, діабеті, для дієтичного харчування, при захворюваннях, нирок, печінки. Широкий спектр та варіативність споживання квасолі також дуже широка – з квасолі й інших бобових готують супи, каші, гарніри, їх

консервують, подрібнюють для виробництва борошна, готують солодоші тощо. Крім того, у селекції існують високопоживні салатні сорти квасолі, які швидко набувають поширення. Взагалі квасоля – безвідходна культура, самі бобові, власне, як і солома з них – прекрасний вітамінний корм для худоби.

З огляду на високі ціннісні показники квасолі, все ж страви з неї можна вживати не всім. Людям похилого віку краще утримуватися від них, так як квасоля викликає метеоризм. Оскільки вона містить пурину, то її не слід їсти при подагрі і нефриті. Лікарі не радять включати квасолю в раціон при гастриті, виразковій хворобі, холециститі, панкреатиті, коліті.

Квасолю застосовують навіть в косметичних цілях, з неї роблять живильні маски, варені, перетерті через сито плоди у поєднанні з соком лимона і рослинним маслом дають шкірі необхідне харчування, оздоровлюють її, усувають зморшки. У народній медицині водний настій або відвар бобів застосовують при захворюваннях нирок і сечового міхура, гіпертонії, серцевої слабкості з набряками, хронічному ревматизмі, подагрі. При каменях у нирках деякі лікарі рекомендують відвар сухих квіток квасолі.

Велике значення має застосування квасолі при цукровому діабеті. Здавна відомі властивості квасолі знижувати рівень цукру в крові. При лікуванні легкої форми діабету в домашніх умовах готують відвар з розрахунку 20 г подрібнених сухих стулок на 1 л води; кип'ятять отриманий відвар (приблизно 0,5 л), випивають рівними частинами протягом дня. У медицині застосовують також відвар з суміші рівних кількостей стулок квасолі та листя чорниці. Іноді в таку суміш додають ще одну частину вівсяної соломи [172, 173].

Багатий хімічний склад робить квасолю воістину унікальним рослинним продуктом, за харчовою цінністю здатним конкурувати з рибою та м'ясом. Її сполучуваність з іншими інгредієнтами нашого повсякденного столу дозволяють приготувати чимало смачних страв. Високий вміст білка і низька калорійність робить квасоля незамінним продуктом для тих, чиє життя пов'язане з серйозними фізичними навантаженнями, а ті, хто тримає під контролем свою вагу, оцінять її низьку калорійність.

Підвищення якості нових продуктів харчування, до складу яких входять бобові оскільки інгредієнти представляють новий виклик ринку та узгоджену дію між дослідницькою спільнотою та харчовою промисловістю з оприлюдненням потенційні переваги для здоров'я повинні бути обов'язковими для збільшення бобових споживання [146].

Особлива користь квасолі в її харчовій цінності, а саме у гармонійному поєднанні високоякісного білку з цукром, крохмалем, вітамінами, мінералами і незамінними амінокислотами. Квасоля багата на вітаміни А, В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, В<sub>6</sub>, С, РР, каротин і велику кількість вітаміну Е – природного антиоксиданту. Такий комплекс вітамінів позитивно позначається не лише загальною на стані організму, але й на шкірі, нігтях і волоссі. При цьому користь стручкової квасолі не поступається звичайній.

Квасоля містить у середньому 24% білка, який за амінокислотним складом близький до білків тваринного походження. Тому її часто називають

«рослинним м'ясом». До того ж, квасоля вважається цілющим продуктом харчування та може зберігатися не втрачаючи поживних якостей декілька років. Стулки бобів використовують у фармації для виготовлення ліків. Зернові відходи квасолі після термічної обробки використовують у годівлі тварин. Солому та полову добре поїдають вівці та кози. Тож квасоля має широкі можливості застосування [174 ].



## РОЗДІЛ 2. ЗНАЧЕННЯ БІОЛОГІЧНОЇ АЗОТФІКСАЦІЇ

### 2.1. Роль азотфіксуючих бактерій у поліпшенні мінерального живлення рослин

Здавна було помічено, що культури, які вирощуються після бобових, дають значно вищу продуктивність, ніж після інших попередників. Перші відомості про це з'являються у працях грецьких та римських філософів у III-I ст. до н. е. Перше наукове обґрунтування цього явища зробив один із фундаторів агрохімії французький науковець Бусенго. Свідченням цього стало його наукове надбання, що опубліковано у 1838 році де він вказав, що бобові культури збагачують ґрунт азотом за рахунок азотфіксації, щоправда спочатку помилково висловився, вважаючи що рослини роблять це через листки, але з часом зрікся цього відкриття. Експериментуючи далі, він проводив досліді з бобовими культурами у прожареному піску під скляним куполом, де не було бульбочкових бактерій, тому він не отримав насичення азотом з повітря, хоча був близький до цього. Лиш згодом, через кілька десятків років, було встановлено, що бобові культури здатні зв'язувати атмосферний азот лише у симбіозі з бульбочковими бактеріями, які живуть на коренях у вигляді потовщень. Азотфіксація, як явище мала вагоме практичне значення. На той час введення у 19 столітті в Європі сівозмін з бобовими дозволило підняти показники продуктивності зернових з 6 до 18 ц/га.

Ефективність та значимість використання біологічної фіксації в землеробстві встановлено понад 2000 років, підвищення врожайності злаків після люпину і вики описані ще Плінієм (79-23 рр. до н.е.), наприкінці XVIII століття в Англії 2/3 полів засівалися бобовими культурами. Австрійському агроному Й. Шубарту (1734-1787 рр.) за введення чергування зернових із конюшиною, що сприяло значному збільшенню валових зборів зерна, присвоєно графський титул з гербом листка конюшини. К. Тімірязєв про відкриття Й. Шубарта писав: "Навряд чи в історії знайдеться багато відкриттів, які б були таким благодіянням для людства, як введення конюшини і взагалі бобових рослин у сівозміну, що так вражаюче підвищило продуктивність праці хлібороба"[175, 176, 177].

Відомо, що основними чинниками, що впливають на природну високу врожайність сільськогосподарських культур, є сприятливі кліматичні умови, родючість ґрунту, структура мікробного комплексу, відсутність збудників захворювань різної етіології тощо. Зокрема ґрунтознавцями доведено, що на природний потенціал родючості ґрунту суттєво впливає якісний та кількісний склад його мікрофлори. Дослідження в галузі класичної ґрунтової мікробіології показали, що чисельність, біомаса й таксономічна структура мікробного комплексу ґрунту залежать від багатьох чинників. Введення ґрунту в активне землекористування призводить до значних змін цих показників. При тривалому використанні земель ці зміни накопичуються. При цьому вплив даних факторів на формування мікробного комплексу і в цілому на якість ґрунту мало

вивчений, хоча від цього залежить система заходів, що забезпечують гомеостаз ґрунтів, а також їхню високу продуктивність. Із вище зазначеного можна дійти висновку, що вирішення питання знаходиться, передусім, у площині вивчення ґрунтових мікроорганізмів і аналізі характеру їх взаємодії з рослинами.

Природою закладені всі механізми управління найважливішими біосферними процесами: азотфіксація, фосфатмобілізація, антагонізм мікроорганізмів до фітопатогенів, синтез багатьма ґрунтовими мікроорганізмами біологічно активних речовин, здатних суттєво впливати на фізіологічний стан рослин і їхній імунітет, викликати епізоотії у шкідників сільськогосподарських культур, тощо. Активізація рослинно-мікробної взаємодії є потужним фактором підвищення продуктивності агроценозу, хоча в сільськогосподарській практиці використовується недостатньо [178].

Одним з актуальних напрямів розвитку екологічного землеробства є створення мікробних біотехнологій, що сприяють інтенсифікації сільськогосподарського виробництва та збереженню родючості ґрунтів. Для сучасної системи землеробства важливе значення мають мікробіологічні фактори, використання яких дає можливість істотно підвищити родючість ґрунту і ступінь реалізації генетичного потенціалу культурних рослин.

Ґрунтова мікрофлора – обов'язковий компонент будь-якого агрофітоценозу, де між рослинами і мікроорганізмами відбуваються молекулярні взаємодії, суть яких полягає в обміні метаболітами і їхній трансформації. Мікроорганізми сприяють формуванню в ризосферній зоні фонду доступних рослині поживних речовин і фізіологічно активних сполук, регулюючих метаболізм і взаємини між партнерами. До складу метаболітів ризосферних мікроорганізмів входять також антибіотичні речовини, які пригнічують розвиток фітопатогенів. Очевидно, що спектр механізмів взаємодії партнерів агрофітоценоза знаходиться під впливом різних екологічних факторів і може ефективно здійснюватися при оптимальних умовах [179].

Необхідною умовою розвитку екологічного землеробства є створення методів і технологій формування, підтримки та ефективного функціонування високоінтегрованих мікробно-рослинних систем, що поєднують в собі корисні властивості і рослин, і мікроорганізмів. Перспективним з цієї точки зору є створення в ґрунті багатокомпонентних систем, що відтворюють оптимальні природні агрофітоценози і забезпечують високу стійкість землеробства. Дослідження, спрямовані на створення високопродуктивних агрофітоценозів шляхом селекції активних комплементарних партнерів (рослина + мікроорганізми), актуальні для рослинництва. Підвищення врожайності сільськогосподарських культур в значній мірі залежить від їхньої забезпеченості елементами мінерального харчування, в першу чергу – азотом. Джерелом екологічно безпечного біологічного азоту в ґрунті є мікроорганізми, здатні фіксувати молекулярний азот атмосфери [180].

Основними чинниками азотфіксації вважають фактори навколишнього середовища, принципи догляду за ґрунтом і посівами, адже вони певним чином обмежують або покращують біологічну фіксацію азоту в бобових. Присутній

тут і екологічний аспект, від якого залежить обмеження азотфіксації зокрема і звичайної кvasолі, крім того дефіцит поживних речовин, високий вміст азоту у ґрунті, кислотність ґрунту, посуха та поширення шкідників і хвороб всі перераховані фактори в певній мірі .

Проведемо більш детальний огляд факторів, які пов'язані з процесом азотфіксації та впливають на інтенсивність його функціонування.

Кислотність ґрунту. Низький рівень рН ґрунту може спричинити дефіцит основних поживних речовин для рослин, наприклад Р і Мо, що в подальшому призведе до зменшення кількості та розміру бульбочок і азотфіксації. Інгібування утворення бульбочок є основним обмежуючим фактором у процесі азотфіксації багатьох видів бобових культур, які вирощуються на кислих мінеральних ґрунтах. Основні чинники, які відповідають за погане утворення бульбочок у сильно кислих ґрунтах, це підвищені концентрації іонів алюмінію (Al) і низька концентрація Са і доступного Р. Низький рівень азотфіксації у кислих ґрунтах також може бути спричинений низькою виживаністю та стійкістю певних штамів ризобії, і може вплинути на чисельність і розподіл корінних ґрунтових мікроорганізмів ризобіїв. Крім того відомо, що низький показник рН може знизити рівень виживання деяких штамів бактерій виду *Bradyrhizobium*. У бобових видів, де кореневі волоски є домінуючими місцями інфікування, високі накопичення іонів Al можуть порушити утворення вузликів, оскільки адсорбція ризобіївна поверхні кореня рослини погіршується. Таким чином, збільшення рН ґрунту шляхом вапнування може бути необхідним для збільшення кількості бульбочок і азотфіксації у кислих мінеральних ґрунтах [181].

За повідомленнями деяких авторів, відмічено збільшення кількості бульбочок у звичайній кvasолі в результаті підвищення рН ґрунту шляхом проведення вапнування [182].

Посуха. Мінеральне живлення усіх рослин напряму пов'язане з наявністю вологи у ґрунті. Бобові отримують поживні речовини з ґрунту в розчиненому вигляді і тому потребують значну кількість води для переміщення продуктів до органів рослин. Таким чином, стрес рослин від посухи або нестачі вологи в ґрунтах, може спричинити помітне зниження росту та утворення бульбочок у бобових через зниження поглинання поживних речовин. А це призведе до зменшення азотфіксації і транслокації фіксованих продуктів. Вологість ґрунту також може впливати на азотфіксацію опосередковано, таким чином обмежуючи ріст рослин, утворення та функціонування бульбочок. Мікроорганізми, які відповідають за азотфіксацію, є також водними організмами; і тому їм потрібна вода для здійснення своєї діяльності. Стрес від посухи, безсумнівно, матиме негативний вплив на активність азотфіксації [183].

Шкідники та хвороби також впливають на енергію рослин і пригнічують потенціал росту і негативно впливають на азотфіксацію. Інтенсивне зараження посівів чи травостоїв комахами, що висмоктують сік, поїдають листя, а також комахами, що пошкоджують стебла чи стручки, можуть різко знизити біомасу та врожай бобових. Вирощування багатьох видів бобових було порушено

нашестьям різних шкідників у багатьох країнах. Скажімо, *Corre-Hellou* і *Crozat* [184] спостерігали зниження процесу інтенсивності азотфіксації, спричинене гороховим довгоносіком (*Sitona lineatus* L.), який пошкоджував листя. Вони дійшли висновку, що для того, щоб оптимізувати процес азотфіксації слід зменшити процент пошкодження рослин личинками довгоносика.

Крім того, було виявлено, що ріст і розвиток звичайної квасолі значною мірою обмежений нематодами-паразитами. Науковці на чолі з Kandji [185] спостерігали значні втрати на польових бобах і кукурудзі в Кенії через високу поширеність нематоди на кореневих вузлах (*Meloidogyne spp.*) і спіральної нематоди (*Scutellonema spp.*). Тому варто звертатися до механізмів боротьби зі шкідниками, які включають біологічні заходи боротьби, використовувати санітарні заходи, а також висівати стійкі сорти до таких пошкоджень, ну і на кінець – застосування пестицидів. Однак при використанні пестицидів необхідно бути дуже обережним, щоб уникнути антагоністичного впливу на ризобії [186].

Великої шкоди можуть завдавати так звані фітофаги, які можуть перешкоджати проникненню бактерій в корінь рослини бобових та викликати лізис тканин бульбочок. Серед жуків, що завдають шкоди на посівах в наших умовах досить відомі кілька видів бульбочкових довгоносиків, личинки яких пошкоджують кореневі волоски та бульбочки. Довгоносики найбільш шкодочинні у суху жарку погоду. Корені бобових рослин та бульбочки також можуть пошкоджувати нематоди.

Останнім часом на багатьох культурах, зокрема на сої, набув поширення особливо небезпечний шкідник – червоний та інші види павутинного кліща, який висмоктуючи соки з рослин призводить до їх зараження вірусними хворобами та руйнування хлорофілу аж до повного етіолювання (відбілювання) рослин, припинення процесу фотосинтезу і тоді всі перераховані вище фактори вже не мають ніякого практичного значення [187].

Багаторазове обрізання стручків є дуже поширеною практикою в Африці. Спосіб посіву, як правило, варіюється і залежить від виду посіву, коли культури висівають у довільному порядку на полі (розкидним способом), рядкові посіви, коли культури висаджуються в окремі рядки. Було виявлено, що суцільні посіви, змішані або рядкові посіви, послідовні чи одночасні, впливають на процес азотфіксації бобових. Якщо бобові вирощуються разом із зерновими культурами, їх відсоток їх азотфіксації може частково збільшитися через конкуренцію зернових культур за ґрунтовий азот. З іншого боку, азотфіксація залежить від впливу проміжних культур. Коли бульбочкові бобові рослини затіняють або витримують при слабкому освітленні протягом кількох днів, норма азотфіксації знижується, а також деяка частка бульбочок знебарвлюється через азотфіксацію з червоних до жовтуватих відтінків, що вказує на функціонуючий леггемоглобін. Це призведе до зменшення накопичення біомаси та зниження процесу азотфіксації.

За повідомленнями авторів Tsubo M., Walker S. у Південній Африці [188] встановлено, що затінення через рослини кукурудзи помітно зменшило

кількість потрапляючого сонячного випромінювання, як наслідок, це вплинуло на зниження накопичення загальної сухої речовини квасолі звичайної приблизно в межах з 90% до 67%, відповідно, що призвело до значної втрати врожаю. Вони також відмітили зниження вмісту сухої речовини та врожайності насіння в проміжних посівах звичайної квасолі в порівнянні з посівами звичайними. Вказали також, що загальна кількість азоту фіксованого рослиною пов'язана із процесом фотосинтезу та загальним накопиченням сухої речовини.

Таким чином, швидкість росту рослин буде впливати на кількість накопичення азоту, через сприятливу роботу фотосинтетичного апарату. Ступінь накопичення азоту в ґрунті, буде залежати також і від послідовності культур у сівозміні. Послідовність культур посіву може знизити рівень накопичення нітратів у ґрунті, що вплине на процес азотфіксації. Коли бобові культури висівають відразу після зернових, вони можуть фіксувати більше азоту, порівняно з тим, коли вони вирощується відразу після інших попередників. Це пояснюється тим, що рівень нітратів у ґрунті буде низьким, якщо попередня культура є зерновими [189.]

Система обробітку ґрунту. Як правило, культивація прискорює мінералізацію органічної речовини в ґрунтах, що може призвести до високих рівнів нітратного забруднення у ґрунтовому профілі. Нульовий або мінімальний обробіток ґрунту зазвичай призводить до зниження рівня нітратів у ґрунті, тоді як методи обробітку ґрунту, які стимулюють нітрифікацію в ґрунті, можуть зменшити або припинити азотфіксацію. Таким чином, азотфіксація бобових культур часто може покращитись при нульовому обробітку ґрунту порівняно з традиційними системами вирощування бобових культур. Утворення бульбочок і азотфіксація у сої, вирощеної в субтропічній Австралії, суттєво покращилися без обробки ґрунту з балансом азоту 80 кг/га, порівняно з системою культивації з 30 кг/га. Не було виявлено суттєвих відмінностей у врожайності між нульовим обробітком ґрунту і традиційним обробітком [190.].

Результати накопичення азоту посівами квасолі (5-23 кг/га) за різних способів вирощування, залежали від наростання надземної маси цієї культури. Біомаса звичайної квасолі позитивно корелювала з накопиченням азоту. Цей позитивний зв'язок виявився сильнішим в умовах створення одновидових посівів квасолі. Саме через мінливість доступних у ґрунті поживних речовин, відповідальних за ріст. Загальна кількість накопичення фіксованого азоту та функціонуванням фотоасиміляційної поверхні та показником загального накопичення сухої речовини були взаємопов'язані між собою. Крім того, масивніша біомаса забезпечує кращі показники азотфіксації і відповідно, більшу кількість накопиченого азоту.

Роль азотфіксації для балансу азоту в системі сільського господарства може відігравати важливу роль у відновленні родючості ґрунту в дрібномасштабних системах землеробства з низькими затратами в Африці на південних територіях Сахари. Із зростанням цін на паливо зростає вартість мінеральних добрив (наразі приблизно 450 євро за тонну азоту із сечовини), що

робить їх менш доступними для дрібних фермерів. Крім того, через високу та подальшу інтенсивність землекористування в Західній Кенії спостерігається зниження здатності ґрунту постачати азот. Отже, азотфіксація виявляється єдиною економічно та екологічно безпечною альтернативою для цих фермерів для поповнення запасів азоту в ґрунті та покращення живлення рослин [191].

На сьогодні у світі біологічного азоту акумулюється майже 100 млн. тон. Лише на США накопичення біологічного азоту становить до 6,2 млн. тон., причому половина накопичується в ґрунті. Тут кожен другий гектар землі зайнятий бобовою культурою. У Китаї протягом тисячоліть вирощують азоллу та папороть, які знаходяться в постійному симбіозі з азотфіксуючими одноклітинними водоростями. Азоллу заорюють в ґрунт після збирання урожаю.

Вперше у лабораторних умовах Фріц Хабер синтезував  $\text{NH}_3$  в 1905 р. та обґрунтував його ефективність. Через чотири роки Карл Бош у найбільшій хімічній компанії BASF, в Німеччині збільшив показники синтезу  $\text{NH}_3$ , що сприяло виробництву недорогих азотовмісних добрив [192]. Нині процес Хабера-Боша є дорогою технологією виробництва азотних добрив, оскільки потребує значних витрат енергії на етапі хімічного відновлення  $\text{N}_2$  до  $\text{NH}_3$ . Крім того, рослини зазвичай поглинають лише 30-40 % азоту, що вноситься в ґрунт. До того ж присутня нітрифікація азоту у ґрунті, вимивання нітратів у ґрунтові води та викиди закису азоту через денітрифікацію, що може сприяти виснаженню озонового шару є основними екологічними проблемами, пов'язаними із застосуванням азотних добрив на ґрунтах сільськогосподарського призначення. А фіксований азот завжди доступний для рослин, у потрібних формах та кількості [193].

Азотфіксація – один з найважливіших процесів, який забезпечує кругообіг азоту в природі, що впливає на біологічну продуктивність рослин. Стовп атмосферного повітря, який знаходиться над одним гектаром поверхні ґрунту несе в собі 80 тис.т азоту. Азоту належить провідна роль серед основних елементів живлення рослин. Невичерпним та основним його джерелом є атмосфера, адже понад 78 % складу атмосфери, становить саме цей елемент. [194.]

Підраховано, що якби рослини пшениці мали змогу фіксувати азот прямо з повітря, то його б вистачило для отримання урожаю на рівні 30 ц/га протягом більш ніж півмільйона років. Але, самостійно рослини не можуть засвоювати молекулярний азот. Це спонукає людство шукати інші способи забезпечення рослин цим важливим елементом. Найчастіше це відбувається через промисловий синтез азотних сполук, так зване внесення мінеральних добрив, які легко доступні для рослин, але найважливішим і достатньо дешевим заходом підвищення родючості ґрунтів не зважаючи ні на що, природний процес азотфіксації бобовими культурами у симбіозі з бульбочковими бактеріями залишається досі вагомим явищем у сільському господарстві [195].

Перетворення азоту в умовах промислових – процес досить складний та дорого вартісний. Підраховано, що на 1 кг виробленого і доставленого на

підприємство азоту витрачається, щонайменше в межах 1,5 кг рідкого палива, крім того зв'язування азоту має негативний вплив на екологічну ситуацію навколишнього середовища, порушуються хімічні властивості ґрунтів: зростає кислотність, змінюється сума обмінних основ, порушується співвідношення різних мінеральних елементів живлення – натрію, міді, молібдену, калію, кальцію, заліза, магнію та ін., підвищується рухливість важких металів та їх засвоюваність рослинами. Особливу небезпеку становить підвищений вміст нітратів у ґрунтах та в продукції рослинництва.

Біологічна фіксація молекулярного азоту ґрунтовими мікроорганізмами-азотфіксаторами – сприяє збагаченню ґрунту азотом і відіграє важливу роль для землеробства. Ґрунтові мікроорганізми поділяють на несимбіотичні й симбіотичні ті, що живуть та взаємодіють у симбіозі з рослиною. Несимбіотичні мікроорганізми поділяють на вільно існуючі, які безпосередньо не пов'язані з кореневою системою рослин, та асоціативні, що живуть у ґрунті безпосередньо біля коренів (у ризосфері), на поверхні коренів, листків, а іноді й усередині рослини [196].

Численними дослідженнями науковців підтверджено здатність мікроорганізмів фіксувати з повітря від 40 до більш як 300 кг азоту на гектар, цей азот не вимагає значних капіталовкладень та не забруднює навколишнє середовище. Щорічно в ґрунт з мінеральними добривами вноситься 35 млн. т. азоту, тоді як за аналогічний час рослини можуть поглинути із ґрунту в межах 70-78 млн. т. цього елемента, це ще раз підкреслює значимість азотфіксації [197, 198]. До орного шару ґрунту кожного року надходить біологічного азоту у таких об'ємах, скільки його і вноситься з добривами. Надходження азоту здійснюється за рахунок фіксації молекулярного азоту симбіотичними системами бобових та бульбочкових бактерій, а також за рахунок вільноживучих мікроб-азотфіксаторів та асоціативних бактерій. Дослідженнями біологічної фіксації азоту займаються вчені багатьох країн, першочергово звертається увага на механізм такого співіснування, детально характеризуються біолого-фізіологічні процеси, які пов'язані із перетворенням інертних молекул азоту у форми легкодоступності для рослин. Досить велика увага звертається на роботу біохімічних процесів при функціонуванні симбіотичних азотфіксуючих систем, за рахунок макро- та мікросимбіонтів [199].

Перетворення вуглецю і азоту в ґрунті є цілковитою заслугою ґрунтових бактерій. В одній чайній ложці родючого ґрунту може бути від 100 млн і до 1 млрд бактерій. Ці ґрунтові бактерії досить крихітні, одноклітинні організми шириною майже 0,2-2,0 мкм (в середньому – 1 мкм) і довжиною біля 1-10 мкм. За розміром ґрунтові бактерії можна порівняти з невеличкими частинками глини (< 2 мкм) і частинками мулу (2-50 мкм). Вони ростуть і живуть та діють в тонких водних плівках навколо частинок ґрунту і навколо коренів рослин, в області ризосфери. Дуже невеликий розмір бактерій, забезпечує їх швидкий ріст і адаптацію до мінливих умов навколишнього середовища порівняно швидше, ніж більш великих і складних мікроорганізмів. Азотфіксуючі бактерії утворюють симбіотичні асоціації з корінням бобових. Всі ризобії відносять до

грамнегативних бактерій. На коренях утворюються видимі оку потовщення в місцях, де бактерії заражають корінь рослини. Рослина транспортує прості цукри до бактерій, а бактерії перетворюють атмосферний азот з повітря в нітратну і амонійну форму, які рослина в подальшому може використовувати. Коли листя або коріння рослини розкладається, кількість азоту в ґрунті збільшується. Для фіксації бактеріями атмосферного азоту потрібні анаеробні умови [200].

Мікроорганізми, що засвоюють молекулярний азот, називаються діазотрофами. Біологія самих діазотрофів дуже різна, ріст, розвиток, взаємодія цих мікроорганізмів з рослинами і ґрунтом, всі вони мають свої характерні особливості. Лише прокаріоти володіють властивістю діазотрофії серед усіх представників більшості таксономічних груп бактерій і архей з різноманітними фізіологічними особливостями. Мікроорганізми, які здатні фіксувати молекулярний азот, широко розповсюджені та присутні практично у всіх екосистемах, оскільки мають перевагу в освоєнні різних середовищ з низьким вмістом азоту. Вважають, що гени азотфіксації часто передаються шляхом горизонтального переносу від одного виду чи роду мікроорганізмів до іншого. Можливість такого перенесення експериментально підтверджена здійсненням кон'югаційного перенесення *nif*-генів (генів азотфіксації) від *Klebsiella* до *Escherichia*. Також можливий горизонтальний перенос симбіотичних генів від одного виду ризобій іншому (наприклад, від біоагента інокулянту ендемним ризобіям інших видів). Біологічна азотфіксація являє собою складний процес, в якому беруть участь ферменти, що відновлюють азот, а також безліч регуляторних білків, що кодуються більш, ніж 20 генами, розташованими в 7 або 8 оперонах. За трансформацію молекулярного азоту в мінеральні та органічні сполуки відповідає нітрогеназний комплекс.

Відомо чотири типи нітрогенази: класична Мо-залежна і три альтернативних - V, Fe- і супероксидзалежна.

Біологічна азотфіксація являє собою глобальний процес, що забезпечує існування життя на нашій планеті. Підраховано, що загальна біологічна фіксація азоту на Землі становить 17,2-107 т на рік, а це майже в 4 рази перевищує зв'язування  $N_2$  у формі  $NH_3$  на підприємствах хімічної промисловості. Для отримання сільськогосподарської продукції земної кулі потрібно щорічно близько 100-110 млн тон азоту. З мінеральними добривами забезпечується внесення лише близько 30% необхідної її кількості. Значна частина потреби може бути заповнена за рахунок симбіотичної азотфіксації, продуктивність якої становить 100-400 кг N / га в рік [201].

За проведеними дослідженнями науковці США в 2013 році встановили, що приблизно 74 % загального обсягу викидів закису азоту ( $N_2O$ ), що утворюється в результаті денітрифікації азотних добрив, припадає на сільськогосподарські угіддя. Найбільш ефективним шляхів забезпечення рослин азотом, є застосування феномена біологічної фіксації азоту атмосфери. Встановлено, що протягом року майже  $2,5 \times 10^{11}$  кг  $NH_3$  фіксуються біологічним шляхом. Наприклад, в США кількість азоту, що надходить в ґрунт



(млн. т/рік) становить на такому рівні: з органічними добривами – 2,57; з мінеральними добривами – 0,48; з опадами (нітрати і аміак) – 3,57.

Кількість азоту, що надходить за рахунок азотфіксації становить: вільноноживучими бактеріями – 4,37, а симбіотичними бактеріями – 5,46. До того ж азот, фіксований біологічним шляхом, менш схильний до вилуговування, сублімації і денітрифікації, оскільки ця речовина використовується на місці. Тому азотфіксація вважається важливим біологічним процесом, який вносить свій внесок в сталий розвиток сільського господарства [202].

Найбільш поширена група ґрунтових мікроорганізмів – азотфіксуючі, або бульбочкові бактерії. Саме їх значення полягає у можливості максимально швидко наситити ґрунт азотом, що позитивно позначиться на врожайності цієї сільськогосподарських культур. Основні представники групи – Різобіум, але є ще багато подібних бактерій, які часто використовуються аграріями. Дія азотофіксуючих бактерій полягає у тому, що вони сприяють утворенню на кореневій системі рослини своєрідне потовщення, яке слугує осередком споживання азоту і перетворення аміаку, який відмінно всмоктуються і засвоюються. Натомість дані бульбочкові бактерії постійно живляться, що досить успішно забезпечує їх життєдіяльність. Аналогічно, бактерії даного виду вступають у симбіоз з рослинами, через що формуються анаеробні умови і у цьому полягає ще одне завдання азотофіксуючих бактерій [203, 204].

Ендофітні бактерії характеризуються рядом властивостей, що корисні в першу чергу для рослин. Вони формують міцні асоціативні зв'язки із рослинами, які з'являються першими на бідних або пошкоджених ґрунтах. За таких умов співіснування рослина здатна вижити на малозабезпечених азотом ґрунтах за рахунок постачання доступної форми азоту від бактеріальних агентів. Наприклад, діазотрофну бактерію *Azoarcus* вперше було виділено з коренів пакистанської трави (*Leptochloa f usca (L) Kunlh*), яка росте на засолених ґрунтах. За такого симбіозу асоціації з ендофітами рослина легше адаптується до умов навколишнього середовища і виживає [205].

Азотфіксація в рослинах відбувається у мікроаерофільних умовах, а саме у диференційованих клітинах, які мають краще розвинені мембрани, або їх називають ще діазосомні структури, у порівнянні з неазотфіксуючими клітинами. Вперше бактерію *Acetobacter diazotrophicus* виділено з внутрішніх тканин коренів цукрової тростини, яка росте у Бразилії на мало забезпечених азотом ґрунтах, а через деякий період часу, її було виявлено і в інших рослин, що мають високий вміст цукру солодка картопля, конголезька трава. Бактерія *A diazotrophicus* зацікавила науковців та фахівців тим, що здатна фіксувати атмосферний азот у присутності нітратів, а за звичайних умов нітрати пригнічують процес азотфіксації, особливо при низькому рН (< 3,0). Автор звертає увагу, що особливістю цієї бактерії є те, що її клітина виділяє майже половину зв'язаного азоту у формі, доступній рослині. Ця обставина є досить важливою для рослини, оскільки мінеральний азот вона отримує від бактерій лише після загибелі останніх і мінералізації залишків їхніх клітин. Ендофітну

природу бактерії *A. diazotrophicus* висвітлено багатьма науковцями, й описано в публікаціях, у яких йдеться про локалізацію бактерій всередині коренів, стебел, листя на різних стадіях росту рослини-господаря у значній кількості, а також у ксилемній рідині, що свідчить про переміщення бактерій по рослині вертикально. Існує думка, що ксилемні судини є місцем, де відбувається азотфіксація, через достатню концентрацію чинників енергії, необхідних для цього проходження цього процесу[206].

Ще одна категорія ендоефітів має більше коло господарів, вони менш вибагливі у стосунках з рослинами, швидше та краще з ними вживаються. Ендоефіти цієї категорії можуть виживати і поза рослинним організмом, тобто вони здатні утворювати ризосферну популяцію. Одними із найвідоміших серед них є бактерії роду *Azospirillum*, які формують асоціативні зв'язки з різноманітними злаковими культурами. Саме на бактеріях цього роду існує можливість створення біологічних препаратів, що підвищують продуктивність рослин за рахунок покращання мінерального живлення рослин та стимуляції їхнього росту. Присутність та діяльність бактерій всередині злакових культур доведено в багатьох роботах. Серед азотфіксуючих бактерій, виділяють досить поширені азоспірил та бактерії роду *Klebsiella*, вперше на них звернули увагу в Південно-Східній Азії через здатність підвищувати врожаї рису. Бактерії *K. oxytoca* і *K. terrigena* також позитивно впливають на рослини, в якості біостимуляторів, а також засвоюють атмосферний азот. Бактерії цього роду виділено з внутрішніх тканин кукурудзи, а їх ендоефітну природу доведено у наших роботах методом електронної мікроскопії [207, 208, 209].

Серед найуживаніших азотфіксаторів найчастіше представлені препарати для бобових культур – ризогумін, ризободіт, ризоагрин, азотобактерин, діазобактерин, діазодіт, ризоторфін, флавобактерин, мізорин, азоризин. Всі вони виготовлені на основі азотфіксуючих бактерій та мають багатофункціональний вплив на формування високоврожайних посівів рослин. Окремі з них види препаратів забезпечують вищі показники енергії проростання насіння, позитивно впливають на збільшення польової схожості рослин, сприяють активному та швидкому наростанню добре розвиненої кореневої системи, також сприяють посиленню процесу фотосинтезу у рослин, накопичення хлорофілу тощо. Суттєво впливають азотфіксуючі бактерії на насінневу продуктивність бобових культур на формування генеративних органів, крім того, активізують фізіологічно-активні речовини тощо. Широке застосування азотфіксаторів забезпечує прискорене формування вторинної кореневої системи рослин, що позитивно впливає та покращує водний режим ґрунтів в умовах посухи; стабільно забезпечує підвищення стійкості рослин до хвороб за рахунок покращання загального імунного стану та забезпечує збільшення речовин фунгіцидної та фунгістатичної дії, також азотфіксатори впливають на збільшення адсорбуючої здатності коріння і продуктивності фотосинтезу, забезпечуючи покращення використання рослинами елементів живлення із мінеральних добрив до 35%, а це забезпечує зниження використання частини добрив без негативних наслідків при формуванні

урожаю. Таким чином посилюється споживання поживних речовин рослинами, але внаслідок цього нітрати у рослинних тканинах не накопичуються, а залучаються до синтезу амінокислот та білків. Таким чином, поліпшується якість продукції рослинництва.

Переважно бактеріальні препарати використовують для передпосівного обробітку насіння зернобобових культур, багаторічних бобових трав, зернових та овочів. Азотфіксуючі бактерії під час вегетації сільськогосподарських культур застосовують шляхом обприскування рослин [210, 211, 212].

Ґрунтові мікроорганізми також здатні засвоювати (фіксувати) атмосферний азот. Відомо, що атмосферний (молекулярний) азот абсолютно недоступний вищим рослинам. Тому існує твердження, що якби рослини могли споживати атмосферний азот, то його вистачило б більш ніж на один мільйон років, навіть при односторонньому використанні. Лише окремі види ґрунтових мікроорганізмів здатні засвоювати атмосферний азот.

Розвитку азотобактера сприяє нейтральна або слабо-лужне ґрунтове середовище, але крім гарної аерації ґрунту, розвитку азотобактера сприяє і наявність вуглеводів, а також інших поживних речовин фосфору, сірки, кальцію, калію, заліза, магнію і окремих мікроелементів, в першу чергу бору і молібдену. Використовуючи безазотисті речовини для харчування і засвоюючи вільний азот атмосфери, зазначені мікроорганізми збагачують ґрунт азотом. Підраховано, що розмір азотфіксації шляхом дії вільноживущих азотфіксуючих мікроорганізмами в природних умовах може досягати до показників 10 кг азоту на 1 га. Наприклад, конюшина лучна у при врожаї сіна 50-60 ц з 1 га здатна фіксувати за рік близько 150-160 кг азоту на 1 га, з цієї кількості приблизно 70-80 кг азоту залишається в ґрунті у вигляді коріння, що відмерло, а також утворилося з поживних решток в польових умовах.

Вчені Каліфорнійського університету Ріверсайда навчилися різко збільшувати врожайність сільгоспкультур за рахунок їх взаємодії зі штамми бактерій. Про нову технологію повідомив науковий портал *EurekAlert*. Вона випробовувалася на прикладі культури *Acmispon strigosus* сімейства бобових. Рослину з'єднали з високоефективним штамом грамнегативної ґрунтової бактерії *Bradyrhizobium*, що відповідає за фіксацію азоту в ґрунті. В результаті сталося 13-кратне збільшення врожайності.

Також раніше вчені досліджували вплив змін в природі на взаємодію бобової культури з різними штамми бактерій. На їхнє здивування, взаємозв'язку не виявлено, в той час як генетичні варіації між різними культурами цього сімейства виявилися найбільш важливим фактором у взаємодії з найбільш корисними мікробами. Саме вони відповідають за здатність рослин вибирати кращі мікроорганізми для взаємодії.

Збагачення ґрунту біологічним азотом в результаті внесення гною та інших органічних добрив, раціонального використання поживних залишків, розширення посівів конюшини, люцерни та інших бобових трав на корм і зелене добриво є одним з головних умов підвищення родючості ґрунту [213].

Біологічна фіксація азоту бобовими дає можливість зменшити, а іноді й повністю усунути потребу в азотних добривах для наступної культури в ланці сівозміни, сприяючи збільшенню росту, накопиченню біомаси та врожайності. У своїх дослідженнях Snapp та інші спостерігали подвоєння врожайності кукурудзи після внесення залишків арахісу на піщані ґрунти, але це відбувалося за хороших умов господарювання. Змішані посіви зернових та бобових культур, наприклад звичайної квасолі, як правило, призводять до того, що бобові культури зазвичай отримують більшу частку азоту в сумісних посівах, ніж при окремому одно-видовому вирощуванні. Проте виробництво сухої речовини та накопичення N зазвичай знижуються через конкуренцію з боку супутніх культур. В результаті показник засвоєння азоту в цій системі може бути меншим, ніж при вирощуванні одновидових бобових культур [214]. Таким чином, непродовольчі бобові (покривні культури або бобові чагарники) можуть забезпечити більше азоту в системі порівняно з зерновими бобовими культурами, такими як звичайна квасоля, оскільки зерно під час збору врожаю не виносить азоту або виносить його в незначних кількостях [215].

Використання бобових культур як сидератів, як покривних культур і культур для покращених парових ланок у системі вирощування зернових дає додаткові переваги, наприклад придушення бур'янів, контроль ерозії ґрунту та покращення структури ґрунту, поліпшення водно-повітряних властивостей ґрунтів тощо. Корисний ефект при накопиченні азоту відмічають від застосування рослинних решток, розкладених кореневищ і прямого транспортування між корінням та нитками мікоризи. Однак у ситуаціях, коли вміст азоту в ґрунті дуже високий, бобові культури зростають без фіксації атмосферного азоту. За таких умов вони можуть задовольнити всі свої потреби в азоті з ґрунту або при його використанні з добрив. Але, за свідченнями науковців в більшості ґрунтів у тропіках рівень доступного N для рослин зазвичай недостатній, тому щоб повністю задовольнити потребу бобових у N використовують мінеральні добрива [216].

Перспективні також дво-, три-і чотири компонентні мікробні препарати, що включають бульбочкові бактерії, ризобактерії, мікоризні гриби і біологічно активні речовини. PGPR-бактерії характеризуються рядом позитивних (прямих і опосередкованих) ефектів дії на рослини, серед яких визначальними є здатність до фіксації молекулярного азоту атмосфери, синтез речовин гормональної природи, а саме, ауксинової, гіббереллінової, цитокінінової, вітамінів, речовин антибіотичної і антифунгальної природи, здатність до мобілізації важкорозчинних фосфатів ґрунту і розкладанню шкідливих хімічних сполук [198].

Багато мікроорганізмів, асоційовані з рослинами, здатні синтезувати речовини фітогормональної природи, необхідні їм як для власного розвитку, так і для встановлення зв'язків з рослинами та іншими ґрунтовими мікроорганізмами. Утворення гормонів – одне з важливих властивостей ризосферних, епіфітних і симбіотичних бактерій, стимулюючих ріст рослин. Стимулююча дія ризосферних мікроорганізмів на ріст рослин пов'язано з

активізацією асоціативної і симбіотичної азотфіксації фізіологічних процесів в рослинах, поліпшенням мінерального, у тому числі і азотного харчування, збільшенням нагромадження біологічного азоту в них [217].

PGPR-штами бактерій стимулюють ріст і розвиток рослин не тільки за рахунок утворення біологічно активних речовин, але і за рахунок здатності до азотфіксації, поліпшенню водного і мінерального живлення рослин, запобігання або зменшення росту фітопатогенів завдяки можливості синтезувати речовини бактерицидної і фунгіцидної дії. До комплексу позитивних ефектів, наданих PGPR-бактеріями на рослину, належить і їхня здатність трансформувати недоступні сполуки фосфору, що містяться в ґрунті. Мікроорганізми, що розчиняють фосфати, сприяють росту і розвитку рослин. До опосередкованих ефектів впливу PGPR-бактерій на рослини відноситься здатність мікроорганізмів синтезувати речовини, що володіють антибактеріальною і фунгітоксичною дією.

Однією із властивостей ризосферних мікроорганізмів є їхня здатність до синтезу екзополісахаридів (ЕПС), що забезпечують в'язкість і дають бактеріям можливість агрегуватися з іншими ґрунтовими мікроорганізмами, утворюючи асоціації, прилипати до різних ґрунтових і рослинних тканин, захищати клітину від дії факторів навколишнього середовища. Азотфіксуючі ризобактерії надають вплив на стійкість рослин до абіотичних стресових факторів. Комплекс позитивних ефектів впливу PGPR-бактерій на рослини і ґрунт широко використовується в практиці рослинництва, а саме, у застосуванні бактеріальної інокуляції насіння або обробці рослин у період вегетації [198].

Позитивний ефект бактеризації насіння залежить від ряду факторів: активності штаму мікроорганізму, концентрації суспензії клітин, кількості біологічно активних речовин в суспензії, тривалості обробки насіння, виду рослин, стану аборигенної мікрофлори в момент посіву, особливостей ґрунту, умов агротехнічного комплексу. Встановлено, що набагато успішніше відбувається інтродукція штамами, спочатку ізольованими з ризоплани або ризосфери того ж виду рослин.

Одним із прийомів, що використовуються для підвищення реалізації біологічного потенціалу рослин і мікроорганізмів агрофітоценозів є проведення бактеризації насіння. Препарати полівалентної дії на основі композицій кількох мікроорганізмів при умові індивідуального комплементарного підбору характеризуються більшою стабільністю та ефективністю в різних агрокліматичних умовах. Використання в сільськогосподарському виробництві мінеральних добрив надає значний вплив на розвиток мікроорганізмів в ризосфері культурних рослин і ефективність інокуляції насіння ризобактеріями [218].

Вміст азотних добрив в ґрунті пливає на азотфіксуючу здатність мікроорганізмів. Застосування способу інокуляції насіння бактеріальними препаратами на основі азотфіксуючих ризобактерій сприяє збільшенню продуктивності сільськогосподарських культур, зниженню кількостей внесених азотних добрив і підвищенню родючості ґрунту за рахунок активного розвитку

агрономічно-корисної групи ризосферних діазотрофних мікроорганізмів. Для отримання нових штамів ризобактерій використовують традиційні методи аналітичної селекції, проводячи скринінг мікроорганізмів за властивостями, корисними для рослини (наприклад, висока азотфіксуюча активність, здатність синтезувати фітогормони, трансформувати фосфати, здійснювати біоконтроль над розвитком, хвороб та ін.), а також методи хімічного і транспозонового мутагенезів [179].

Різноманітність природних форм ґрунтових мікроорганізмів дозволяє виділяти їх штами з агрономічно-корисними властивостями, адаптовані до кореневих виділень тих чи інших сільськогосподарських рослин, невибагливі до умов існування, з високою активністю зростання, за рахунок чого вони здатні легко інтродукуватись в ризосферу культурних рослин. Пошук і виділення з різних ґрунтів і ризосфери рослин методом аналітичної селекції нових штамів мікроорганізмів, що характеризуються високою азотфіксуючою активністю, і створення на їхній основі бактеріальних препаратів під культури є актуальним напрямком сільськогосподарської біотехнології.

Практичне застосування в сільськогосподарському виробництві препаратів асоціативних мікроорганізмів активізує ріст і розвиток рослин, сприяє суттєвому підвищенню врожайності і вмісту білка, дозволяє знизити кількість внесених мінеральних добрив. Продуктивність процесу асоціативної азотфіксації можна значно підвищити цілеспрямованим підбором генотипів рослин, чутливих до інокуляції активними штамми асоціативних діазотрофів і більш повної реалізації потенціалу азотфіксації внесенням у ґрунт фізіологічно оптимальних доз мінерального азоту, обробкою мікроелементами і стимуляторами росту рослин [219].

Розрізняють декілька механізмів впливу рістстимулюючих ризобактерій на рослини:

- збільшення фіксації атмосферного азоту і його надходження в рослини за рахунок функціонування бактеріальної нітрогенази;
- трансформація важкорозчинних сполук, в першу чергу фосфорних, в легко засвоювані для рослин завдяки функціонуванню бактеріальних фосфатаз;
- підвищення асиміляції нітратів за рахунок активності бактеріальної нітратредуктази;
- синтез мікроорганізмами фізіологічно активних речовин (гормонів, вітамінів, амінокислот та ін.), що здійснюють пряму гормональну регуляцію росту рослин;
- здатність мікроорганізмів до синтезу екзополісахаридів природними прилипаками бактерій до рослинних ґрунтових частинок;
- колонізація ризосфери і біоконтроль зараження рослин патогенами за рахунок здатності бактерій до синтезу речовин антибіотичної і фунгітоксичної дії;
- зміна проникності мембран клітин корневих тканин і збільшення поглинальної здатності коренів рослин.

Таким чином, грамотне застосування бактеріальних препаратів на основі

ріст стимулюючих ризо бактерій, як елемента екологічного землеробства в технологіях вирощування різних сільськогосподарських культур дозволяє значно знизити хімічне навантаження на екосистеми внаслідок зменшення кількостей застосовуваних мінеральних добрив і хімічних засобів захисту рослин, призводить до підвищення врожайності і поліпшенню якості екологічно безпечної сільськогосподарської продукції [198].

Біологічна фіксація молекулярного азоту є однією з найскладніших фундаментальних проблем біології, надзвичайно актуальною для сільськогосподарської біології, тому що вона безпосередньо пов'язана з урожайністю важливих сільськогосподарських культур – бобових рослин. Процес зв'язування молекулярного азоту – це унікальне явище природи і разом з фотосинтезом обумовлює життя на Землі. Фіксація молекулярного азоту здійснюється мікроорганізмами, найважливішими з яких є бактерії роду *Rhizobium*, які забезпечують живлення рослин зв'язаним азотом і підтримання його запасів у ґрунті [221].

У сучасному землеробстві приділяється мало уваги біогенній фіксації атмосферного азоту в різних формах – як потужному фактору підтримання родючості ґрунтів, економії азотних добрив і екологічної безпеки. Провідна роль у цьому належить бобовим культурам, які завдяки симбіотичній фіксації азоту формують порівняно високі врожаї, синтезують найдешевший, біологічно-повноцінний рослинний білок без азотних добрив [220].

Азот є одним з основних елементів формування врожаю, а також важливим фактором відтворення родючості ґрунтів. Тому проблема його балансу та перетворень в агроекосистемах є важливою складовою розробки сучасних енергозберігаючих екологічних технологій у сільському господарстві. Надходження азотних сполук у ґрунт, в основному, відбувається за рахунок органіки, симбіотичної та несимбіотичної (асоціативної) азотфіксації та у вигляді мінеральних добрив (синтетичного продукту промислового зв'язування молекулярного азоту). У традиційних технологіях велика увага надається кількісним показникам забезпечення ґрунту азотовмісними речовинами, а тому в агрономічних системах живлення сільськогосподарських рослин виключна роль належить органічним та мінеральним добривам. Такий підхід був і залишається визначальним, оскільки дозволяє оперативно та масштабно впливати на рівень врожайності. При цьому, азотфіксація мікроорганізмами є планетарним процесом, який тісно взаємопов'язаний із процесами фотосинтезу, дорівнює йому за масштабом і значенням у природі. Загальна продуктивність біологічної азотфіксації становить 270-330 млн. т/рік, у тому числі 160-170 млн. т/рік належить суходолу. У глобальному вимірі лише 5% зв'язуваного азоту належить промисловості у перерахунку на аміак [222].

Ґрунтова азотфіксація (зв'язування атмосферного азоту) забезпечується широким спектром мікроорганізмів із родів *Rhizobium*, *Clostridium*, *Azotobacter*, *Derxia*, *Azotomonas*, *Spirillaceae*, *Rhizobiaceae*, *Achromo bacteriaceae*, *Enterobacteriaceae*, *Bacillaceae* та ін. Завдяки розвитку сучасної сільськогосподарської мікробіології розроблені методи кількісного обліку, що дають можливість

більш детального їх вивчення та врахування в регламентах агрономічних технологій. Тому важливим напрямком у землеробстві сьогодення є використання біопрепаратів у якості меліоративного заходу з метою коригування мікробіологічних процесів у ґрунтах [223].

Ефективність бактеріальних препаратів може лімітувати вологість і температура ґрунту, внутрішньо-ґрунтові режими, інші природні та антропогенні чинники. Проте, це не заперечує їхніх позитивних екологічних властивостей, як фактора мікробіологічного покращення ґрунтів, що впливає на якість отримуваної сільськогосподарської продукції. Відомо, що найбільш збалансованим екологічним напрямком є біологічне землеробство, яке сприяє активізації окремих ґрунтових процесів та покращенню родючості ґрунту (в тому числі за рахунок фіксації атмосферного азоту ґрунтовими мікроорганізмами). Встановлено, що дози мінерального азоту, які не перевищують фізіологічного оптимуму для рослин, сприяють підвищенню активності азотфіксації. Тому, виходячи з вище викладеного, актуальними залишаються питання розробки науково-обґрунтованих підходів до технологій біологічного землеробства, досліджень екологічних аспектів застосування мінеральних та органічних добрив (в тому числі сидератів) з урахуванням особливостей трансформації біогенних елементів у системі ґрунт – мікроорганізми – рослина, обґрунтування фізіологічно (отже, й екологічно) доцільних доз добрив та заходів, спрямованих на підвищення коефіцієнтів використання добрив, виключення можливості забруднення сільськогосподарської продукції та довкілля, а також відтворення біологічних властивостей ґрунтів. У даному сенсі важливими є не лише кількісні та якісні еквіваленти, а і просторові закономірності [224].

Під біологічною фіксацією азоту розуміють засвоєння елементарного азоту мікроорганізмами, який зв'язується в амонійні сполуки і стає доступним для рослин після відмирання мікрофлори. Біологічна фіксація азоту виникла на самих ранніх стадіях розвитку живої матерії і пов'язана з поширенням на поверхні землі рослинності. Для розуміння процесу азотфіксації і практичного його використання в агротехнологіях важливого значення набуває механізм його дії в природних умовах. Перенесення природної азотфіксації у сферу виробничої діяльності людини наближує її до функціональних властивостей самої природи [225].

У практиці землеробства існує чотири загально відомих способи отримання ґрунтами зв'язаного азоту – симбіотична фіксація, асоціативна азотфіксація, надходження з опадами і внесення добрив. Використання симбіотичної азотфіксації набуло значного поширення в Україні в II половині ХХ ст. з організацією обласних і районних біолабораторій, що збереглись в окремих областях і до цього часу. Інокуляція насіння бобових культур бактеріями, переважно, роду *Rhizobium* створює умови інтенсивної азотфіксації за достатнього мінерального живлення рослин. Явище асоціативної азотфіксації поширене в кореневій системі практично кожного виду рослин. Вільноживучі азотфіксувальні бактерії відносяться до видів асоціативних бактерій, що



можуть існувати у ґрунті за рахунок елементів живлення і енергії, що міститься безпосередньо в ґрунті, тоді як симбіотичні – лише в ризосфері бобових культур.

Створити функціональну систему життєдіяльності ґрунту, як живого тіла здатна технологія максимального залучення в біологічний кругообіг вторинної продукції рослинництва, сидеральної культури і нового покоління органіко-мінеральних біоактивних добрив і біопрепаратів, що забезпечать відтворення процесу синтезу-деструкції органічної речовини ґрунту, максимальне залучення для потреб рослини атмосферного азоту [226].

Відомо, що джерелом як мінерального так і біологічного азоту є атмосферний азот. Тому використання біологічного азоту в землеробстві можливе завдяки стабілізації землекористування, оптимізації структури посівних площ та створенню і впровадженню високоефективних ресурсозберігаючих технологій, які спрямовуються на реалізацію природного потенціалу агроecosystem і ґрунтуються на ефективному використанні їх біологічних можливостей. У сучасному землеробстві приділяється мало уваги біогенній фіксації атмосферного азоту в різних формах – як потужному фактору підтримання родючості ґрунтів, економії азотних добрив і екологічної безпеки. Ведуча роль у цьому належить бобовим культурам, які завдяки симбіотичній фіксації азоту формують порівняно високі врожаї, синтезують самий дешевий, біологічно-повноцінний рослинний білок без азотних добрив [227].

Вивчення питання біологічної азотфіксації бобовими рослинами є досить актуальним в сучасних умовах господарювання і потребує ефективних заходів збільшення виробництва продукції при економії енергетичних ресурсів за рахунок дешевого природного джерела. Залучення азоту з повітря в кругообіг поживних речовин бобовими фітоценозами забезпечує покращення екологічного стану навколишнього середовища.

Біологічна азотфіксація існувала на перших стадіях розвитку живої матерії й особливо тісно пов'язана з розповсюдженням на Землі рослинності. Необхідність азоту повітря для росту рослин виявилась тільки з розвитком землеробства. Навряд чи у житті рослин є інший біохімічний процес, подібний до процесу азотфіксації, вивчення якого б мало стільки загадкових таємниць, широких горизонтів та перспективу сільськогосподарського виробництва.

Незважаючи на дефіцит азоту від якого потерпають рослини і деякі тварини, з повітря його можуть використовувати лише бактерії, які мають високий коефіцієнт розмноження; швидко пристосовуючись до середовища, вони здатні синтезувати різноманітні хімічні сполуки. Біологічна азотфіксація – найповільно плинний процес у кругообігу азоту в природі. Про це свідчить практично невичерпні запаси газоподібного азоту в атмосфері й відносна нестача сполук азоту в ґрунті. Питання кругообігу та балансу азоту в агроecosystem є актуальним для різних галузей аграрної науки. Причина полягає в тому, що азот та його сполуки в природі виступають життєво-необхідними факторами існування людини на Землі [228].

Ще донедавна використання агрофітоценозів здійснювалось на основі

науково-обґрунтованих систем землеробства. При цьому ефективність оцінювалась за величиною акумульованої в урожаї енергії. У сучасних умовах інтенсивного зростання та ускладнення форм впливу екологічних і антропогенних факторів на агроєкосистему вчені почали звертати увагу на процеси, які відбуваються в системі «ґрунт–рослина–приземна атмосфера», оцінювати ефективність їх перебігу. Одним із глобальних процесів, що проходить в агрофітоценозах з бобовими культурами, є біологічна фіксація атмосферного азоту у симбіозі з мікроорганізмами.

Біологічний азот дозволяє з найменшими ресурсозатратами розв'язати питання підвищення родючості ґрунтів. За даними Патики В. П., азотфіксація здійснюється за рахунок енергії Сонця і є найбільш ресурсо-ощадним джерелом надходження атмосферного азоту в агроєкосистему [229].

Інтерес до проблеми азоту в теперішній час пояснюється актуальністю завдань які стоять перед людством, серед яких, вирішення вічної проблеми білка – важливої складової частини продовольчих ресурсів. Основним надходженням білкових компонентів є бобові рослини, які можуть в симбіозі з бульбочковими бактеріями синтезувати дані білки із вуглекислого газу, води і невеликої кількості неорганічних джерел азоту [211].

Як вважає Волкогон В. В., управління родючістю ґрунтів – це, перш за все, керування мікробіологічними процесами, які в них проходять. Мікроорганізми є необхідною ланкою в кругообігу всіх біогенних елементів, беруть безпосередню участь в процесах ґрунтоутворення і підтримці родючості ґрунтів [230].

Говорячи про тісну взаємодію мікроорганізмів з культурними рослинами мається на увазі ризосферні бактерії і мікроскопічні гриби, які розвиваються і функціонують в прикореневій зоні з градієнтом чисельності, що йде від поверхні коріння, де дія рослинного організму на мікроорганізми найсильніша. При цьому здійснюється не тільки вплив рослини на розвиток мікроорганізмів, але й дія бактерій та грибів на процеси мінералізації органічних сполук, засвоєння атмосферного азоту, поглинання рослинами поживних речовин, синтез і постачання фітогормонів, вітамінів, антибіотиків та інших фізіологічно активних речовин [231].

Відомо, що провідна роль у формуванні врожаю рослин належить фотосинтезу, як єдиному джерелу синтезу органічних речовин. Тому найважливішим завданням землеробства є розробка заходів спрямованих на ефективне використання фотосинтетичної функції рослин серед яких провідне місце належить ґрунтовому живленню. Особливе значення в цьому контексті набуває забезпеченість рослин азотом. Для порівняння: за нестачі фосфору або калію продуктивність фотосинтезу зменшується на 2%, фосфору і калію –9%, азоту на 63% [232].

За рахунок здатності бобових рослин вступати в симбіоз зі специфічними для певного виду або групи видів бульбочковими бактеріями, вони можуть у ґрунтово-кліматичних умовах України засвоїти за вегетацію близько 125-380 кг/га азоту повітря. Завдяки симбіотичній азотфіксації бобові культури

формують високі врожаї дешевого рослинного білка без застосування дорогих, енергоємних і екологічно небезпечних мінеральних азотних добрив. Після збирання урожаю понад 30% біологічного фіксованого азоту залишається в поживних і корневих залишках і використовується наступними культурами.

Дослідженнями, проведеними в Україні та за кордоном, встановлено, що бобові культури у симбіозі із бульбочковими бактеріями здатні фіксувати значну кількість азоту: конюшина – 180-670 кг/га, люцерна – 200-460, боби – 100-550, соя – 90-240, горох – 70-160, люпин – 150-450, пасовища з бобовими – 100-260 кг/га [233].

Тому, за умов, коли немає можливості виконати один з основоположних законів землеробства – повернути в ґрунт винесені з урожаєм поживні речовини шляхом застосування мінеральних та органічних добрив, виникає потреба у пошуку інших джерел поповнення запасів поживних речовин ґрунту для охорони та відтворення його родючості. Найперспективнішим, враховуючи економічні аспекти, є біологічний азот.

Завдяки симбіотичній азотфіксації бобові культури формують високі врожаї дешевого рослинного білка без застосування дорогих, енергоємних і екологічно-небезпечних мінеральних добрив [178].

Наявність у сівозміні бобової культури дає змогу позитивно вирішувати проблему відтворення родючості ґрунту за рахунок корневих залишків і побічної продукції та покращувати азотний режим за її здатністю фіксувати атмосферний азот. За даними літературних джерел, частка біологічно-фіксованого азоту всіх бобових культур становить 2/3, або в середньому 67% [234].

Застосування асоціативних азотфіксуючих та фосфатмобілізуючих мікроорганізмів дає змогу рослинам покращити живлення завдяки підвищенню коефіцієнта використання мінерального азоту та фосфору із ґрунту, синтезу біологічно-активних речовин, які стимулюють як ріст і розвиток кореневої системи, так і рослини в цілому.

Біопрепарати на основі азотфіксуючих та фосфатмобілізуючих мікроорганізмів сприяють підвищенню врожайності сільськогосподарських культур за рахунок трансформації молекулярного азоту атмосфери та нерозчинних фосфорних сполук ґрунту в доступні рослинам форми [235].

## **2.2. Роль фосфатмобілізуючих бактерій**

Виснаження родючості ґрунтів на сьогодні є однією із найбільших проблем аграрного сектору України, мабуть чи не основною причиною є низький ступінь засвоєння мінеральних та органічних добрив, а це призводить до збільшення кількості внесення їх під посіви сільськогосподарських культур.

За твердженнями багатьох літературних джерел, фосфорні добрива засвоюються лише на 14-17%, калійні – на 23-60%, а азотні – на 30-60% в залежності від типу ґрунту. Проблема живлення рослин в тому числі і фосфорного завжди проявлялась гостро в аграрному секторі. У ґрунті фосфор

дуже інтенсивно та міцно зв'язується і в результаті стає малорухомим та недоступним для рослин, а сировинні запаси фосфору та його акумуляція обмежені. Тому досить актуальним буде вирішення цього питання шляхом створення агроприймів, які забезпечуватимуть мобілізацію важкорозчинних фосфатів. Одним із перспективних напрямів вирішення цього питання є використання бактеріальних добрив на основі фосфатмобілізуючих мікроорганізмів [236, 237, 238].

Один із головних елементів складових частин живої клітини рослин та другим за значенням елементом живлення, дефіцит якого негативно впливає на процеси росту й розвитку рослин є фосфор. Він входить до складу нуклеїнових кислот, які приймають участь при процесах синтезу білків, нуклеопротейдів та передачі спадкової інформації, він впливає на будову клітинних ядер. Крім того, фосфор впливає на швидкість проходження та напрямок біохімічних процесів, присутній у ферментах, гормонах та вітамінах [239, 240].

Потреба рослин на ранніх етапах їхнього розвитку достатньою кількістю фосфору для свого життєзабезпечення має важливе значення для закладання репродуктивних органів культури. Ріст та розвиток масивної та потужної кореневої системи, забезпечення стійкості рослин до шкідників, хвороб залежить від забезпечення фосфором. Наявність у повному обсязі фосфору у ґру допомагає формувати повноцінне насіння та сприяє ранньому дозріванню сільськогосподарських культур. За підрахунками фосфор становить 0,2-0,8 т сухої ваги рослини.

Встановлено, що один гектар орного шару середнього за поживністю ґрунту містить 1-2 т фосфору. Проте в мінеральній формі фосфор, як вказувалось вище, мало доступний для рослин. Тому перевести складні сполуки фосфору та органічні фосфати у доступну для рослин форму є важливим та актуальним завданням. Оскільки на сьогодні застосування фосфорних мінеральних добрив не повністю вирішує проблеми дефіциту фосфору так як коефіцієнт його використання з добрив не перевищує 20%, а мінеральні добрива недоступні в умовах складної економічної кризи та військових дій в Україні. На проходження процесів фосфатмобілізації в ґрунті впливає ряд різних факторів, серед яких варто виділити найбільш актуальні – аерація, джерело вуглецю та азоту, температура, засоленість ґрунту та кислотність ґрунту, вони можуть впливати, як на ріст мікроорганізмів, так і на процес трансформації ними фосфатів. Як правило це покращує живлення рослин, забезпечує активізацію їх ріст і розвиток, а в кінцевому результаті призводить до зростання врожайності. Дослідниками встановлено, що швидкість засвоєння фосфору найбільш висока в діапазоні показників кислотності ґрунту на рівні рН 5,0-6,0. Концентрація доступного для рослин неорганічного фосфору в ґрунтовому розчині становить від 1 мкм до 10 мкм. Оскільки швидкість поглинання ортофосфату рослинами перевищує швидкість його дифузії в ґрунті, навколо коренів виникає зона виснаження. Вважається, що фосфор поглинається в зоні оточення коренів на відстані декількох міліметрів від їхньої поверхні [241].

Одним із шляхів вирішення проблеми академік В. П. Патица запропонував застосування бактеріальних препаратів поліфункціональної дії. Дані препарати мають ряд значних переваг, які полягають у поліпшенні мінерального живлення рослин, також покращують структурованість ґрунту, зменшують випаровування вологи ґрунту і масштаби ерозії, акумулюють біологічний азот у ґрунті, призводять до зниження темпів розкладання гумусових речовин [242].

Вплив фосфатмобілізуючих бактерій на різні рослини досліджували науковці протягом тривалого часу і на багатьох культурах. Фосфатмобілізуючі бактерії роду *Bacillus* помітно вплинули на фітопатогенні бактерії. Бактерії вказаних штамів пригнічували ріст збудників, що викликають хвороби на томатах *Clavibacter michiganense*. Зокрема доведено, що до цих бактерій п'ять штамів спорових бактерій проявляли високу антагоністичну активність, 9 штамів проявили середню і два штами – низьку. Всі бацили, за виключенням *B. pumilus*, характеризувалися високою чи середньою антагоністичною активністю по відношенню до збудника хвороби капусти. У фосфатмобілізувальних бактерій порівняно менше виражена антагоністична активність по відношенню до фітопатогенних бактерій *Pseudomonas fluorescens*, *Erwinia carotovora subs. carotovora*, саме вони викликають хворобу мокру гниль у картоплі. Доцільно вказати, що фосфатмобілізувальні бацили не інгібували ріст *Agrobacterium tumefaciens*, за виключенням штаму *B. subtilis* ІМВ В-7023, який проявляв слабо виражену антагоністичну активність (зона пригнічення росту – 3,0 мм). [243]. Булавенко Л. В. додає, що крім здатності пригнічувати широкий спектр фітопатогенів цей штам характеризується високою активністю мобілізації фосфату як з його органічних, так і з важкорозчинних неорганічних сполук [244]. Бактерії *Bacillus subtilis* є одним з компонентів високоефективного препарату комплексної дії, що здатний стимулювати ріст рослин і захищати їх від фітопатогенів [245, 246].

Таким чином, вивчення механізмів взаємодії мікроорганізмів з мінеральною основою ґрунту актуальне і цінне з наукового погляду, а подальший добір серед фосфатмобілізуючих мікроорганізмів штамів з підвищеною здатністю до синтезу біологічно активних речовин і антибіотиків дозволить створити ефективний бактеріальний препарат поліфункціональної дії.

Одним із найбільш ефективних препаратів, що має здатність перетворювати складні фосфороорганічні сполуки і важкозасвоювані мінеральні фосфати у доступну для рослин форму є фосфобактерин. Це бактеріальне добриво, що містить спори ґрунтових бактерій виду *Bacillus megaterium var. phosphaticum*. При його внесенні в ґрунт засвоєння фосфорних добрив підвищується майже вдвічі. Крім того, бактерії виділяють біологічно активні речовини, що стимулюють ріст рослин, особливо на ранніх етапах їх розвитку. Слід відмітити, що фосфобактерин не замінює органічні та мінеральні фосфатні добрива та не ефективний без них. Він відноситься до ряду препаратів, що стимулюють ріст та розвиток рослин.

Отже, фосфор важливий та необхідний елемент живлення усіх рослин, в тому числі й квасолі. Фосфор засвоюється рослинами у вигляді вищого окислу  $\text{PO}_4^{3-}$  і не змінюється, входить до складу органічних сполук. Накопичення фосфору в рослинних тканинах коливається в межах 0,15-1,5 % від показників сухої маси рослини. Запаси фосфору у орному шарі ґрунту встановлено, що відносно невеликі десь в межах 2,1-4,8 т/га (у перерахуванні на  $\text{P}_2\text{O}_5$ ). Дві третини від такої частки становлять солі ортофосфорної кислоти, а третину – органічні фосфоровмісні сполуки, серед яких – органічні залишки, гумус, фітати тощо. Взагалі фітати становлять приблизно половину органічного фосфору у ґрунті, проте більшість із фосфорних сполук малорозчинна в ґрунті, а відтак і малорухома. Певною мірою це знижує інтенсивність процесу вимивання та вивільнення фосфору із ґрунту, але поряд із цим, обмежує можливість використання фосфору рослинами.

Головним джерелом постачання фосфору до орного шару це процеси вивітрювання ґрунтоутворюючої породи, саме там фосфор знаходиться головним чином у вигляді апатитів  $3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{CaF}_2$  та ін. Трьохзаміщені фосфорні солі кальцію та магнію і солі полуторних оксидів заліза й алюмінію ( $\text{FePO}_4$ ,  $\text{AlPO}_4$  у кислих ґрунтах) є слабозрозчинними та малодоступними для рослин. Можуть рослини засвоювати та поглинати і деякі органічні форми фосфору, наприклад, фосфати цукрів, фітин, хоча концентрація фосфору в ґрунтовому розчині досить невелика, лише на рівні 0,1-1 мг/л [247].

Перетворення фосфатів на недоступну для рослин форму відбувається двома шляхами:

а) внаслідок осадження фосфатів вільними іонами  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$  і  $\text{Fe}^{3+}$  у ґрунтовому розчині;

б) в результаті сорбції фосфатів на поверхні мінералів ґрунту.

Із першої причини ґрунтовий фосфор стає недоступним для забезпечення рослин, через що потрібну його кількість для нормального розвитку рослин на більшості сільськогосподарських ґрунтів поповнюють за рахунок внесення хімічних добрив. Певною мірою як видобуток фосфатних мінералів, так і розкидання фосфорних добрив на полях не є справою екологічно чистою, науково обґрунтованою та економічно виправданою.

За таких умов існує ряд недоліків: по-перше, вивільнення в атмосферу фтору – токсичного газу; по-друге, виділення гіпсу і по-третє, накопичення важких металів у ґрунті, у тому числі й Cd та інших за частого застосування фосфорних добрив. До того ж, ефективність їх застосування в хімічній формі майже не перевищує 30% через його зв'язування або у формі фосфатів заліза/алюмінію на кислих ґрунтах, або у вигляді фосфату кальцію – на ґрунтах нейтральних чи лужних. Це, як правило зумовлює великі витрати в сільськогосподарському виробництві, та порушує й без того несприятливий екологічний вплив на родючість ґрунту.

Значні втрати родючості ґрунтів, залежать від частих й неконтрольованих внесень хімічних фосфорних добрив, а це призводять до порушення мікробної різноманітності і, як результат відбувається зниження врожайності практично

усіх агрокультур. За даними агрохімічних обстежень ґрунтів, загальний вміст фосфору у верхньому 30-сантиметровому шарі ґрунту становить від 400 до 4000 кг/га, а за вегетаційний період використовується рослинами для формування біомаси лише близько 1% (10-30 кг/га), що вказує на його низьку доступність. Тому для підвищення доступності фосфору на різних типах ґрунтів застосовують відповідні їм технології. Більше того, фосфор вважають непоновлюваним ресурсом. Численними дослідниками встановлено, що за умов нинішнього рівня його використання відомі у світі запаси високоякісної фосфорумісної породи можуть бути вичерпані вже в поточному столітті.

Усі фінансово економічні труднощі при використанні фосфорних добрив, пов'язані із застосуванням саме хімічних фосфорних добрив, разом із величезними витратами на їхнє виробництво спонукають до пошуку нешкідливих для довкілля й економічно доцільних альтернативних стратегій для поліпшення ведення рослинництва на фосфоро-дефіцитних ґрунтах [248].

Дія ґрунтових мікроорганізмів при перетворенні недоступних форм фосфору на доступні для рослин форми, складається з переліку операцій:

- 1) вивільнення комплексо-утворювальних або мінералорозчинних сполук, наприклад: аніони органічних кислот, сидерофори, протони, гідроксильні іони;
- 2) вивільнення позаклітинних ферментів (біохімічна фосфат-мініралізація);
- 3) вивільнення фосфору під час деградації субстрату (біологічна фосфат-мініралізація).

Мікроорганізми відіграють важливу роль у всіх трьох основних компонентах фосфорного циклу ґрунту (тобто розчинення – осадження, сорбція – десорбція і мініралізація – іммобілізація). Мікроорганізми за наявності лабільного вуглецю являються акумулянтами фосфору, швидко іммобілізуючи його, навіть за умови його незначної кількості в ґрунтах. Отже, фосфатмобілізуючі мікроорганізми стають одним із джерел фосфору для рослин після його вивільнення з клітин після їхньої загибелі внаслідок змін умов довкілля, голодування або хижацтва. На раптове збільшення або зменшення чисельності впливають явища, що пов'язані зі зміною умов навколишнього середовища, наприклад – висушування або зволоження, відтавання або розморожування можуть різко впливати на чисельний склад доступного у ґрунті фосфору, через так звані промивні явища. Таким чином було встановлено, що близько 30-45% мікробного фосфору (0,7-1,2 мг/кг) вивільнялося в піщаному ґрунті впродовж перших 24 годин після циклів сушіння – повторного зволоження.

Негативний вплив на навколишнє середовище, зростання цін на фосфорні руди, проблеми із їх видобутком та обмежена кількість цих ресурсів сприяють пошуку людини нових підходів, щоб забезпечити фосфором рослини, а сам елемент зробити більш доступним для рослин та рухомішим у ґрунтах. Альтернативою по вирішенню цього питання стають ґрунтові мікроорганізми, які впливають на трансформацію фосфору і, відповідно, на його доступність рослинам та приймають участь у низці важливих природних процесів.

Ефективним способом вирішення проблеми доступності фосфору в ґрунті для агрокультур є мікробіологічні фосфатмобілізатори. Багато існує версій стосовно накопиченого у сільськогосподарських ґрунтах фосфору, одні говорять, що його міститься у достатній кількості в ґрунтах та забезпечені ним вони приблизно на 100 років, але його потрібно зробити доступним для рослин.

Роль мікроорганізмів про доступність фосфору звісно вагома, але є інформація і про стимулювання росту та розвитку рослин ними, а досягається це за рахунок використання сидерофорів, антибіотиків та фітогормонів. Існує ряд повідомлень щодо сприяння фосфатмобілізаторів росту сільськогосподарських культур. Дослідження із використанням цих препаратів вказують на позитивні результати при використанні їх на різних агрокультурах. Вже декілька останніх десятиліть проводять дослідження, які пов'язані з фосфатмобілізаторами і їхнім значенням для стабільного ведення сільського господарства, за результативністю ці наукові пошуки все ще залишаються у сирому вигляді та потребують удосконалення.

На сьогодні широке застосування фосфаттрансформувальних мікроорганізмів відкриває нові шляхи до вирішення проблем, що пов'язані із підвищення продуктивності сільськогосподарських культур та одночасним з підтриманням здорового стану ґрунтового середовища.

Нові більш адаптивні підходи до вирішення таких питань Маменко П. пропонує пов'язати із біотехнологічними та молекулярними аспектами у роботі мікроорганізмів по мобілізації фосфору це насамперед забезпечить успішний взаємозв'язок рослин і мікроорганізмів. Окрім того він наголошує, що всі зусилля аграріїв мають бути спрямовані на використання фосфатмобілізуючих мікроорганізмів для зниження рівня використання пестицидів у сільському господарстві[249].

В результаті мінералізації, фосфор органічних залишків і гумусу трансформується ґрунтовими мікроорганізмами і основна його кількість переходить в малорозчинні солі. Хелатуючи двовалентні катіони і підкисляючи ризосферу проходить трансформація ортофосфорної кислоти  $H_2PO_4 \rightarrow HPO_4^{2-} \rightarrow PO_4^{3-}$ , завдяки виділенню коренями органічних кислот, таким чином, рослини отримують із них фосфор. Доведено, що деякі сільськогосподарські культури здатні добре засвоювати важкорозчинні фосфати люпин, гречка, горох, причому доведено, що така можливість у рослин збільшується з віком [250, 251].

Деякі штами бактеріальні можуть позитивно впливати на ріст та розвиток рослин. Найчастіше вони асоційовані з ризосферою рослин. Фосфатмобілізуючі бактерії здатні переводити в доступну рослинам форму трикальційфосфат, дикальційфосфат, гідроксиапатит, кам'яний фосфат. Фосфатмобілізацію можуть проводити бактерії таких родів: *Alcaligenes*, *Acinetobacter*, *Arthrobacter*, *Azospirillum*, *Bacillus*, *Burkholderia*, *Enterobacter*, *Erwinia*, *Flavobacterium*, *Raenibacillus*, *Pseudomonas*, *Rhizobium*, *Serratia* тощо [251].

У ґрунті науковці виділяють три форми фосфору, з огляду на його доступність для рослин. До першої форми відносять фосфор, який знаходиться



у ґрунтового розчині, до другої належить лабільний фосфор, який приймає участь у процесах обміну, та до третьої групи включають нелабільний фосфор, що не приймає участі в процесах обміну.

Найбільш важливе значення для рослин і ґрунту має розчинна форма фосфору, оскільки цей фосфор є основним джерелом для отримання рослинами. Але наявні у ґрунтах бактерії сприяють переходу з недоступних форм у доступні фосфору для рослин, трансформуючи їх у органічні фосфоровмісні сполуки. Мігрування фосфору в ґрунті найбільш інтенсивно відбувається у ризосфері. Висока інтенсивність діяльності ризомікроорганізмів створюється за рахунок гідролізу органічних фосфатів, значна частина яких міститься у ризосфері. Як наслідок, сформовані так органічні кислоти здатні розчинити у ґрунті мінеральні фосфати [252-254].

За період своєї життєдіяльності різні види бактерії можуть діяти шляхом використання декількох механізмів трансформації фосфору. При синтезі органічних сполук відбувається розчинення ґрунтовими мікроорганізмами мінеральних фосфатів. Таким чином, штами бактерії *Pseudomonas sp.*, *Erwinia herbicola*, *Pseudomonas cepacia*, *Burkholderia cepacia* можуть продукувати глюконову та штами бактерій *Rhizobium leguminosarum*, *Rhizobium meliloti*, *Bacillus firmus* 2-кетоглюконову кислоти. Суміш молочної, ізовалеріанової, ізобутилової та оцтової кислот здатні синтезувати бактерії роду *Bacillus*, а окремі представники мікрофлори ґрунту здатні формувати щавелевооцтову, гліколеву, малонову та сукцинілову органічні кислоти.

Ще одним напрямком фосфатмобілізації являється ферментативний перехід органічних сполук за участю певних ферментів. Окремі з організмів можуть виділяти деякі неорганічні кислоти – карбонову, азотну сірководень тощо. Частина фосфору у ґрунті перебуває у формі важкорозчинних солей фосфору та трикальцієвих сполук, що також є досить специфічним процесом у якому мікроорганізми беруть участь опосередковано [255].

Потрапляючи в ґрунт, сполуки фосфору переважно вступають у взаємозв'язок з іншими катіонами, які насичують собою ґрунтово вбирний комплекс, з колоїдами та живими організмами, які присутні у ґрунті. У ґрунті кальцій вступає в реакцію з фосфорною кислотою та інтенсивно починає її зв'язувати, утворюючи таким чином у воді малорозчинні сполуки. Про роль ґрунтових фосфатів ще було відмічено Д. Н. Прянишніковим. Він вказав негативний вплив кальцію на розчинність ґрунтових фосфатів, пізніше така тенденція була підтверджена і іншими науковцями. Доведено, що на розчинність фосфатів негативно впливає кальцій, а іони натрію забезпечують посилення розчинності трикальцієвих фосфатів. На основі таких тверджень було відзначено змогу моновалентних катіонів переводити до розчину невеликі кількості фосфору важкорозчинних сполук, саме на основі цього було надано пропозиції стосовно спільного застосування в ґрунт фосфоритного борошна і калійних солей, але в польових умовах такий захід себе не досить виправдав себе. Дія органічних та мінеральних кислот залежить від зниження показника

pH в ґрунті і відповідно аналогічно впливає на розчинність трикальцієвого фосфату [256].

Відомо, що  $P_2O_5$  краще засвоюється рослинами у присутності сульфату амонію  $(NH_4)_2SO_4$ . Процес відбувається наступним чином: при посиленому використанні рослиною азоту з сірчаноокислого амонію, вона звільняє аніон  $SO_4^{2-}$ , а він у свою чергу розчиняє фосфат кальцію. Було відмічено, що з трикальційфосфату вивільнялася найбільша кількість фосфат-іонів, у момент коли мікроорганізми вирощували на середовищі із сульфатом амонію в якості джерела азоту. Сахароза виступала як джерело вуглецю в даному випадку, органічні кислоти біологічного походження також приймали участь у цьому процесі. Досить своєрідно впливають і солі органічних кислот. Так, приміром у середовищах із солями моновалентних катіонів лимонної кислоти, мікроорганізми можуть трансформувати до розчину з важкорозчинним мінеральним фосфатом невелику кількість фосфору в лужних умовах цього середовища [257]. Подібні дослідження були проведені і з бурштиною кислотою та солями лужних металів, але за таких умов порівнюючи їх з середовищами із цитратами, бактерії розвиваються значно слабше. Звідси випливають висновки, що характер катіона органічної кислоти значно впливає на звільнення фосфору з фосфориту в рухливий стан.

На фосфатмобілізацію та її характер перебігу, впливають також і інші фізико-хімічні фактори, серед яких і розмір агрегатів фосфорних частинок, і концентрація фосфатів у середовищі, і культура мікроорганізмів, і синтез кислот. Таким чином, дані наукових досліджень свідчать про максимальне розчинення фосфориту, який має розмір часточок менше, як 0,2 мм, аналогічних висновків дійшли інші автори [258, 259.]. Доведено, що чим менші агрегати фосфору, тим вони краще та швидше розчиняються мікробами. А збільшення розмірів частинок, призводить до зростання площі поверхні часток фосфату, що забезпечує кращий контакт і сприяє максимальному розчиненню фосфориту. Створюючи унікальні фізико-хімічні комплекси, бактерії формують біоплівки на них. А в кінцевому результаті, ряд біокаталітичних перетворень сприятиме й посиленню інтенсифікації процесу розчинення фосфату.

Показник pH середовища відіграє визначальну роль при поглинанні рослинами неорганічних мінеральних речовин. Занадто висока кислотність призводить до гіршого виживання бактерій у ґрунтовому середовищі, ускладнюється їх фіксація на насінні рослин, вони гірше прикріплюються до корінців, ну і, як наслідок, погіршується ріст і розвиток рослинних організмів. Це може також бути пов'язано із підвищенням токсичної дії алюмінію та марганцю та з дією іонів водню, але й інколи може залежати від рівня зниження доступності фосфору. Причини цьому можуть бути різні: проникність мембран, метаболізмом кальцію, підтримання pH цитоплазми тощо.

По різному впливає на взаємозв'язок з рослин з фосфатмобілізуючими бактеріями температура ґрунту. Бактерії можуть адаптуватися до зниження температурного режиму і відносно задовільно почуватися в цих умовах. Скажімо для помірних широтних поясів характерне виживання бактерій за

температури при 4 °С, проте вони за таких умов не ростуть. В арктичних регіонах Канади фосфатмобілізатори активно ростуть при 5 °С, вони відмінно адаптувалися до таких температурних умов. Високі показники температури призводять до їх загибелі. В цілому діапазон показників температурних режимів досить варіативний. Для жарких умов Нігерії характерне виживання бактерій за високої температури. Проте крім температури на виживаність бактерій впливає показник рН і вологість ґрунту [260.].

В умовах розвитку аграрного сектора одним з напрямків використання біотехнологій у землеробстві є застосування біологічних препаратів, які поліпшують фосфорне живлення рослин на основі мікроорганізмів. В першу чергу увагу звертають на використання тих препаратів, які впливають на регулювання надходження в рослини поживних речовин. Нові селекційні сорти усіх культур потребують високого забезпечення фосфором, тому на сьогодні їх потреба забезпечується за рахунок внесення високих доз мінеральних добрив. Фосфатмобілізуючі мікроорганізми здатні забезпечити рослину потрібною кількістю азоту й фосфору із природних ресурсів цих елементів у ґрунті, крім того, це будуть ті форми, які за звичайних умов для рослин недоступні. У ґрунтах чорноземної зони фосфору міститься достатня кількість. Тривале застосування мінеральних добрив, ще підняло показники вмісту цього елемента у ґрунті. Показник засвоєння фосфору з добрив рослинами максимум становить до 15%. Решта неспожитого фосфору залишається в ґрунті і для рослин являється недоступний.

Дефіцит фосфору незабаром стане першочерговою проблемою у світовому землеробстві, тому що запаси цього елемента на планеті, на відміну від азоту, обмежені.

Тому створюються біологічні препарати на основі застосування фосфатмобілізуючих бактерій. Встановлено, що на основі високоефективних і конкурентоздатних штамів фосфатмобілізуючих бактерій і ендомікоризних грибів, виділених із ґрунту, створюються біопрепарати для поліпшення фосфорного живлення рослин. Якщо в ґрунті є дефіцит доступного для рослин фосфору, то інокуляція біопрепаратами на основі ендомікоризних грибів, фосфат мобілізуючих бактерій забезпечує цим елементом живлення практично всі сільськогосподарські культури у кількості, що відповідає внесенню на гектар 40-50 кг діючої речовини, що втримується в 120-150 кг мінеральних фосфорних добрив [261].

Застосування бактеріальних препаратів дає змогу отримати екологічно чисту продукцію. Такі препарати містять природні ефективні штами, які не викликають у людини негативні генетичні наслідки, як наприклад, препарати, що отримані неприродним хімічно синтезованим засобом. Насамперед значущим наслідком при застосуванні бактеріальних препаратів поліфункціональної дії є показники зниження рівня захворюваності рослин, що дозволить зменшити застосування пестицидів і тим самим поліпшити екологічну ситуацію в агрофітоценозах. Препарати виготовлені на основі

фосфатмобілізуєчих бактерій фактично в змозі мобілізувати понад 30% і більше фосфору закріпленого в ґрунті [262].

Однак, ефективне використання фосфатмобілізуєчих бактерій неможливе без вивчення всіх факторів, які впливають на процеси фосфатмобілізації. На основі вивченого можна селекціонувати потрібні конкурентоздатні штами бактерій залежно від ґрунтово-кліматичних умов регіону, в якому їх будуть застосовувати; регулювати дані процеси перетворення фосфору у ґрунті; раціонально застосовувати біодобрива; розумно формувати їх бактеріальний склад тощо. В умовах Лісостепу України можна застосовувати біопрепарати на основі азотфіксуєчих та фосфатмобілізуєчих мікроорганізмів. Це не потребує високих додаткових затрат, але дозволяє підвищити продуктивність рослин, що є досить актуальним питанням, особливо в екологізації сільського господарства.

### **2.3. Умови бобово-ризобіального симбіозу квасолі**

Надійним шляхом одержання високоякісних, екологічно безпечних продуктів переробки квасолі є впровадження у виробництво екологічно безпечної технології, яка передбачає підсилення функціонування симбіотичної системи, застосування методів алелопатичної біостимуляції макро- і мікросимбіонтів [263].

Одним з найбільш важливих шляхів використання переваг взаємодії мікроорганізмів і підтримання різноманітності сільськогосподарських екосистем, є використання наземних мікроорганізмів. Зараз бактерії ризосфери використовують для біологічних добрив у багатьох країнах. Деякі дослідники вважають, що азотфіксація спадкова властивість сортів квасолі звичайної генетично відрізняється у біологічній азотфіксації [264].

Природою закладені всі механізми управління найважливішими біосферними процесами: азотфіксація, фосфатмобілізація, антагонізм мікроорганізмів до фітопатогенів, синтез багатьма ґрунтовими мікроорганізмами біологічно активних речовин, здатних суттєво впливати на фізіологічний стан рослин і їхній імунітет, викликати епізоотії у шкідників сільськогосподарських культур тощо. Активізація рослинно-мікробної взаємодії є потужним фактором підвищення продуктивності агроценозу, хоча в сільськогосподарській практиці використовується недостатньо. Тому необхідна широкомасштабна біологізація агротехнологій вирощування сільськогосподарських культур для забезпечення умов реалізації природних процесів [178].

У життєвому циклі бульбочкових бактерій можна виділити дві стадії: стадію вільноіснуючих гетеротрофів та стадію симбіотичної взаємодії з бобовими рослинами. Під час сапрофітного існування (*ex planta*) екологічною нішею для ризобій є ґрунт, який забезпечує їх необхідними елементами живлення. Після проникнення мікроорганізмів у корені бобових (*in planta*)

екологічною нішею для бульбочкових бактерій стає рослина, фізіологічні та генетичні особливості якої безпосередньо впливають на мікросимбіонта.

Бульбочкові бактерії широко розповсюджені в ґрунтах. Поширення бульбочкових бактерій у різних ґрунтах визначають за наявністю корневих бульбочок. Зазначений метод дозволяє врахувати лише вірулентні штами ризобій, які селекціонуються рослиною-живителем. Незважаючи на те, що в ґрунті в значній кількості можуть бути наявні невірулентні бактерії, саме вірулентні ризобії вносять найбільший вклад у накопичення біологічного азоту. Незважаючи на те, що бульбочкові бактерії є одним з головних компонентів агроєкосистем бобових рослин, вони складають відносно невелику частину ґрунтових мікроорганізмів. Так, штами *Rhizobium* *Bradyrhizobium* становлять 0,1-8,0% від загальної кількості бактерій у ризосфері та 0,01-0,14% від їхньої біомаси [230].

Чисельність бульбочкових бактерій у різних ґрунтах значно варіює і залежить від низки абіотичних, біотичних та антропогенних факторів. Чисельність ризобій, специфічних до тих бобових культур, які є в складі дикої флори або культивуються довгий час у даній місцевості, вимірюється порядками  $10^4$ - $10^6$  клітин в 1 г ґрунту, а рослин, які рідко вирощуються –  $10^1$ - $10^3$  клітин в 1 г ґрунту. Після тривалого існування ризобій без бобової рослини чисельність їх знижується і вони поступово зникають з мікробного ценозу ґрунту. У ґрунтах, де тільки починають вирощувати певні види бобових культур, бульбочкові бактерії взагалі можуть бути відсутні. У ґрунті існують бульбочкові бактерії, які відрізняються за активністю, вірулентністю та конкурентоздатністю. У різних ґрунтах змінюється лише їхнє кількісне співвідношення. Окультурення ґрунтів, особливо пов'язане з внесенням органічних добрив або вапнуванням, покращує умови для розмноження та розвитку ризобій. Активні штами цих бактерій частіше трапляються в нейтральних ґрунтах (чорноземах, окультурених дерново-підзолистих) [263].

Аборигенні популяції ризобій, на відміну від несимбіотичних бактерій, характеризуються високою гетерогенністю. У ґрунті одночасно можуть існувати як вірулентні, так і фенотипно наближені до них невірулентні штами, а також значна кількість рекомбінантних генотипів. Важливу роль у процесі формування структури популяцій бульбочкових бактерій та забезпеченні їхньої гетерогенності має перенос плазмід між штамми в ґрунті. Плазмідні ризобії можуть виступати у ролі векторів для переносу хромосомних генів цих мікроорганізмів.

На долю бульбочкових бактерій у ґрунті істотно впливає рослина-живитель. Це зумовлено:

- 1) впливом корневих виділень;
- 2) розмноженням бульбочкових бактерій у бульбочках з наступним виходом їх у ґрунт;
- 3) здатністю рослини-живителя “вибирати” певні генотипи ризобій з ґрунтової популяції.

За присутності рослини відбувається різке збільшення чисельності специфічних бульбочкових бактерій, оскільки в ризосфері бобових культур створюються більш сприятливі умови для їхнього розвитку, ніж у ґрунті, віддаленому від коренів. Існування ризобій у прикореневій зоні значною мірою залежить від корневих виділень, які містять різноманітні поживні речовини та біологічно активні сполуки [222].

Г. Лисичкиною вивчено динаміку чисельності бульбочкових бактерій сої в ризоплані та ризосфері сої, гороху, ячменю та в ґрунті без рослин за різних початкових рівнів внесення популяції. Відмічено тенденцію до стимуляції розвитку ризобій поблизу кореня рослини-живителя. В ризосфері та в ґрунті без рослин спостерігали чітку залежність рівня стабілізації чисельності бактерій від рівня внесення. Проте в ризоплані стабілізація чисельності ризобій сої на певному рівні відбувалася незалежно від рівня початкової щільності популяції. Автори дійшли висновку, що зона впливу рослини-живителя на бульбочкові бактерії максимально наближена до кореневої поверхні [265].

Дослідження, проведені П. Кожевіним, свідчать, що простір ризосфери сої не є однорідним для розвитку бульбочкових бактерій сої. Їхня чисельність у різних точках кореня значно розрізняється. На початку спостережень (168 годин) максимальна кількість мікросимбіонта спостерігалася не на поверхні кореня, а на відстані близько 1 мм від нього. З часом зона максимальної щільності популяції була відмічена на відстані 0,5 мм до кореня і на кінець досліду (через 888 годин) спостерігалася на його поверхні. Важливе значення у взаємовідносинах мікро- і макросимбіонтів мають генетична природа штаму та сорт рослини. Так, для ризобій характерним є збільшення генетичного різноманіття бактеріальних популяцій у присутності рослини-живителя, оскільки умови розвитку мікроорганізмів у ризосфері сприяють більш інтенсивному переносу генів між різними штамми, ніж у ґрунті. Тому в природі має місце високий поліморфізм за симбіотичними ознаками популяцій бульбочкових бактерій та сортів бобових рослин [266].

Слід зазначити, що серед бобових культур існують форми, які не вступають у симбіотичні відносини із специфічними ризобіями. Прикладом можуть бути афганський горох, стійкий до інфікування більшістю європейських штамів *R. leguminosarum*, та безбульбочкова соя. Дана ознака детермінована наявністю у рослин генів, що зумовлюють стійкість до нодуляції.

Після переходу до симбіотичного стану бульбочкові бактерії ведуть зовсім інший “спосіб життя”, екологічною нішею для них стають бульбочки. Вони захищають бактерії від дії зовнішніх несприятливих факторів та забезпечують їх поживними речовинами у вигляді рослинних фотоасимілятів. Бактерії, в свою чергу, надають рослинам продукти біологічної фіксації азоту, необхідні для побудови рослинного організму. В результаті взаємодії генетично гетерогенної популяції вірулентних ризобій з рослиною-живителем у ній збільшується частка штамів, які здатні активно фіксувати азот повітря. Згідно «альтруїстичної» моделі, відбір на підтримку генів азотфіксації відбувається

завдяки «альтруїзму» не бактерій по відношенню до рослини, а одних бактеріальних клітин (бактероїдів) по відношенню до інших (недиференційованих бактерій) [230].

Симбіоз бобових рослин з бульбочковими бактеріями є вигідним для макросимбіонта лише за умов дефіциту зв'язаних форм азоту, а за наявності азотовмісних сполук утворення бульбочок не завжди покращує розвиток рослин. Відносини бульбочкових бактерій з зовнішнім середовищем у цей період регулюються рослиною-живителем, а вплив ґрунту проявляється тільки опосередковано. Фактори, які негативно діють на рослину, таким же чином діють і на розвиток бульбочкових бактерій та функціонування бульбочок.

На взаємовідносини бульбочкових бактерій з рослиною-живителем впливають різноманітні екологічні фактори: абіотичні, біотичні та антропогенні. Дані фактори регулюють утворення бобово-ризобіального симбіозу та нерідко відіграють визначальну роль у реалізації потенційних можливостей симбіонтів і ефективності даної системи [263].

Оскільки бульбочкові бактерії довгий час існують в ґрунті як сапрофіти, на їхній розвиток, фізіологічні властивості і здатність вступати у симбіотичні взаємовідносини з рослинами істотно впливає механічний склад ґрунту та вміст у ньому гумусу. Тип ґрунту та його властивості можуть обмежувати або навпаки, сприяти розповсюдженню та домінуванню в ньому бактерій, різних за активністю. Для різних типів ґрунтів показник бульбочкоутворення у сої достатньо стійкий і найсприятливіші умови для нодуляційного процесу створюються у багатих на гумус ґрунтах.

Одним з головних екологічних факторів для бульбочкових бактерій є температура. Вони стійкі до низьких температур і гинуть при температурі вищій 50°C. Значне підвищення температури призводить до зниження чисельності *V. Javanicum* у ґрунті.

Оскільки ризобії та бобові рослини по-різному реагують на температурний стрес, вплив температури на симбіоз визначається сортоштамовою взаємодією. Ю. Стояною встановлено, що із збільшенням температури від 18 до 28°C підсилюється ріст рослин в 1,4-1,7 рази, фіксація молекулярного азоту в 1,3-4,2 рази та підвищується урожайність в 1,9-3,6 рази. З іншого боку, в польових умовах зниження температури під час вегетації затримує розвиток рослин та уповільнює процес бульбочкоутворення. Дефіцит вологи або перезволоження негативно впливають як на рослину-живителя, так і на бульбочкові бактерії. Вважається, що оптимальна вологість, яка необхідна для формування та ефективного функціонування симбіотичної системи, становить 60-70% повної вологості. Так, у період посухи у бобових рослин знижується азотфіксувальна активність та поглинання мінерального азоту кореневою системою. За умов нестачі або надлишку вологи у бульбочкових бактерій порушується респіраторна функція, внаслідок чого зменшується їхня чисельність в екотопі [267].

На ріст та розвиток бульбочкових бактерій також істотно впливає аерація ґрунту. Вважається, що при кисневому голодуванні для виживання ризобій у

ґрунті велике значення можуть мати окиси азоту, які використовуються як акцептори електронів. Зниження концентрації кисню біля коренів призводить до слабого розвитку кореневої системи та зменшення кількості бульбочок і рівня поглинання коренем калію, кальцію і фосфору.

Симбіотичні системи дуже чутливі до реакції ґрунтового розчину. Оптимальне значення рН для ефективного функціонування симбіозу становить 6,5-7,0. У більшості випадків низькі значення рН призводять до зниження активності та вірулентності бульбочкових бактерій або до їх загибелі. Разом з тим, існують штами, які витримують низькі значення рН (на рівні 4,5) і при цьому мають високу нодуляційну здатність. Важливо підкреслити роль рослини-живителя як екологічного фактору, який корегує вплив кислотності ґрунту на вірулентність та активність ризобій [268].

Багатьма дослідниками вивчалася специфіка азотного живлення бобових рослин та вплив різних доз азотних добрив на взаємовідносини їх із бульбочковими бактеріями. Встановлено, що соя та квасоля належать до групи бобових культур, у яких однаково виражена активність автотрофного та симбіотрофного типів живлення. Коефіцієнт ефективності у них наближається до 100%. За сприятливих умов соя здатна формувати високі врожаї переважно за рахунок симбіотичної азотфіксації. Запаси мінеральних сполук азоту в ґрунті забезпечують потреби рослин у цьому елементі до початку функціонування бульбочок. Внесення мінерального азоту, як правило, знижує рівень використання молекулярного азоту пропорційно використаній дозі добрива.

Істотний вплив на бобово-ризобіальний симбіоз має вміст у ґрунті фосфору, калію та мікроелементів. Так, при використанні фосфорно-калійних добрив покращується розвиток кореневої системи рослин, підвищується кількість бульбочок та ефективність симбіозу. Відмічено позитивний вплив мікроелементів на ріст і розвиток бульбочкових бактерій, процеси нодуляції та функціонування леггемоглобіну і нітрогенази. Недостатня кількість цих елементів у ґрунті призводить до порушення нормального розвитку бульбочок та зниження активності азотфіксації [269].

Серед біотичних факторів найбільше значення для ризобій мають кореневі виділення бобових рослин. Вони можуть істотно впливати на популяції бульбочкових бактерій в екотопі, стимулювати або пригнічувати їхню активність. У місцевих популяціях цих мікроорганізмів відбувається відбір за реакцією на умови прикореневої зони рослин та ґрунту. У літературі є також повідомлення щодо впливу на ризобії корневих ексудатів небобових рослин. Так, у роботі Г. Лисичкиної [265] показано стимуляцію розвитку бульбочкових бактерій сої корневими виділеннями ячменю.

Антропогенний вплив на бульбочкові бактерії проявляється у застосуванні в сільськогосподарській практиці речовин, які порушують природну взаємодію ризобій з рослиною-живителем, що може призвести до спрощення біологічних систем. Під впливом екологічних факторів обмежується розмір та активність популяцій бульбочкових бактерій у природних екотопах, регулюється формування та продуктивність рослинно-мікробних систем. Дані



щодо активності окремих компонентів агроценозу та їх взаємозв'язку з іншими компонентами, а також реакції на природні та антропогенні чинники можуть слугувати цінним матеріалом для прогнозування процесів, що відбуваються в агроекосистемах, з метою забезпечення їх стабільності [179].

Відомо два основних природних шляхи зв'язування молекулярного азоту – фізико-хімічний і біологічний. Перший пов'язаний з впливом на молекулярний азот електричних розрядів, які бувають під час грози. Кількість зв'язаного таким чином азоту незначна і не відіграє великої ролі в живленні рослин.

Другий шлях фіксації молекулярного азоту пов'язаний з життєдіяльністю мікроорганізмів, що належать до двох груп: мікроби, які перебувають у симбіозі з рослинами, та азотфіксатори, що вільно живуть у ґрунті та воді.

Для створення ефективної симбіотичної системи *Rhizobium* – бобовим рослинам необхідний ретельний добір симбіотичних партнерів, який вимагає постійного оновлення сортів вирощуваних бобових рослин і штамів бульбочкових бактерій [270, 271].

Азот – життєво важливий елемент для росту рослин, який зазвичай поглинається у вигляді нітрату чи амонію, беручи участь у білках, ферментах і структурі хлорофілу. Сільськогосподарські землі забезпечують азотом застосовуючи сечовини і амонійно-нітратні хімічні добрива, але шкідливий вплив цих хімічних внесків надихнув дослідників зробити стійку сільськогосподарську практику, наприклад: застосування біологічних добрив. *Rhizobium* посівний – біодобриво, яке відповідає деякій частині бобових, вимагає азот через біологічну азотфіксацію. Ця система біологічної азотфіксації може фіксувати 70-85 млн. т азоту в рік, який становить 50% світового азоту, що фіксується і еквівалентний до всіх факторів виробництва хімічного добрива [272]. Біологічна азотфіксація тісно пов'язана з фотосинтезом. Тому для формування високої продуктивності посівів кvasолі необхідно добитися того, щоб ці два біопроцеси мали максимальне значення.

Накопичення біологічного азоту бобовими культурами відбувається за наявності у ґрунті симбіотично активних бульбочкових бактерій. Відсутність мікросимбіонтів призводить до зміни екологічної функції бобових: вони з культур, які акумулюють азот атмосфери, перетворюються у культури, що використовують азот ґрунту [230].

Обмеження поживних речовин може бути основним показником зменшення азотфіксації і урожаю бобових. У культур кvasолі звичайної, вирощених на андалузських ґрунтах (Пд. Іспанія) низька реакція ризобій інокулянтів була поєднана з високими рівнями залишків нітрату у ґрунтах і низькою концентрацією P і V листя. Кvasоля, як правило, вважається бідною у азотфіксації, особливо чутлива до кількості нітрату, у порівнянні з іншими бобовими. Високий рівень N у ґрунті впливає на утворення бульбочок і на сам процес азотфіксації. Збільшення постачання обмеження поживних речовин може поліпшити симбіотичну азотфіксацію кvasолі, в присутності високої концентрації N [217].

Широке використання мікробних препаратів у практиці агропромислового виробництва зумовило необхідність систематичного пошуку активних штамів бульбочкових бактерій для збільшення ефективності функціонування бобово-ризобіального симбіозу.

Широке застосування мінеральних азотних добрив у рослинництві гальмують доволі високі енергетичні затрати на їх виробництво, що в умовах нинішньої світової фінансової кризи спонукає дослідників до пошуку альтернативних шляхів забезпечення сільськогосподарських культур необхідними сполуками цього елемента. Саме таким шляхом є його біологічна фіксація з повітря мікроорганізмами, здатними зв'язувати молекулярний азот атмосфери й перетворювати його на сполуки, придатні для засвоєння рослинами. У зв'язку з цим серед заходів поліпшення азотного живлення рослин в агрокультурі особливе місце належить теоретичним і практичним розробкам, спрямованим на значне підвищення рівня біологічного перетворення азоту атмосфери на органічні азотовмісні сполуки мікроорганізмами-азотфіксаторами, насамперед бульбочковими бактеріями. Останні у симбіозі з бобовими рослинами здатні фіксувати молекулярний азот повітря, забезпечувати потребу в ньому макросимбіонтів і накопичувати його в орному шарі ґрунту в кількості від 40 до 500 кг/га за рік залежно від вирощуваної бобової культури [230].

Актуальним сьогодні є також пошук нових азотфіксувальних мікроорганізмів і створення на їх основі ефективних симбіотичних асоціацій, які можна було б застосовувати для підвищення врожайності сільськогосподарських культур і водночас запобігати забрудненню навколишнього середовища синтетичними сполуками.

Фундаментальні дослідження біологічної фіксації атмосферного азоту, що проводяться вченими багатьох країн світу, спрямовані на вивчення її механізмів, деталізацію перебігу фізіолого-біохімічних процесів, які відбуваються під час зв'язування інертної молекули азоту в доступні рослинам азотні сполуки. Практичний аспект розробок у цьому напрямі полягає в пошуку шляхів мобілізації внутрішніх резервів азотфіксаторів для досягнення максимальної інтенсифікації процесу. Успішне вирішення цих завдань можливе лише за умови з'ясування суті багатьох фізіологічних і біохімічних реакцій, що сприяють посиленому синтезу й функціонуванню ферментного нітрогеназного комплексу, який відповідає за біологічне зв'язування молекулярного азоту [230].

Первинна взаємодія між мікроорганізмами й рослинами під час формування симбіозу відбувається ще в період проростання насіння бобових, коли біологічно активні речовини, що інтенсивно декретуються насінням у навколишнє середовище, здатні змінювати властивості бульбочкових бактерій. Зокрема, показано, що екsudати насіння бобових культур можуть впливати на здатність специфічних бульбочкових бактерій формувати симбіотичні взаємовідносини з рослинами. Спрямованість впливу екsudатів насіння залежить від їхньої концентрації, тривалості періоду проростання насіння,

сорту рослин, симбіотичних характеристик штамів-інокулянтів. Слід зазначити, що ексудати бобових у певних концентраціях здатні стимулювати ростову активність бульбочкових бактерій [274].

Специфічний характер взаємодії бобових рослин із бульбочковими бактеріями під час формування симбіозу полягає у здатності певного виду ризобій інфікувати відповідну йому рослину з утворенням корневих бульбочок. Молекулярною основою такої здатності до «розпізнавання» симбіопартнерів вважають вуглевод-білкову і білок-білкову взаємодію, яка ґрунтується на універсальній властивості лектинів (рослинних білків) специфічно й неспецифічно взаємодіяти з вуглеводними детермінантами біополімерів без їх хімічного перетворення. Вони можуть взаємодіяти як із моно-, так і з олігосахаридами, а також із залишками вуглеводів, що входять до складу деяких органічних речовин – глікопротеїдів, полісахаридів, глікозидів. Ці властивості особливо чітко виявляються в процесі формування симбіотичних взаємовідносин між бобовими рослинами і бульбочковими бактеріями. За таких умов лектин бобової рослини зв'язується з полісахаридами лише специфічних для неї ризобій, так відбувається «розпізнавання» симбіопартнерів.

Лектини виявляють специфічну біологічну активність щодо бульбочкових бактерій і мають важливе значення не лише в їхньому «розпізнаванні» рослиною, а й в адсорбції та зв'язуванні з коренями рослини-хазяїна, формуванні й функціонуванні бульбочок. Зокрема показано, що в разі інкубації ризобій із лектином перед інокуляцією значно збільшується кількість інфекційних ниток у коренях рослин, а також змінюється вірулентність й конкурентоспроможність бактерій. У зв'язку з цим дослідження ролі лектинів у формуванні бобово-ризобіального симбіозу вельми актуальні, їхньої результати дають змогу не тільки наблизитися до розуміння загальної біологічної проблеми «розпізнавання», а й з'ясувати напрями дії цих білків, розробити заходи коригування симбіотичних взаємовідносин між мікро- і макропартнерами. Останнє відкриває шлях до істотного підвищення ефективності симбіотичної фіксації молекулярного азоту. Всі аспекти біологічної ролі лектинів, у тому числі лектинів бобових рослин, остаточно не з'ясовані. Зважаючи на те що ці білки містяться в різних тканинах і органах рослин, вони мусять мати важливе і водночас різнобічне значення для їхньої життєдіяльності [264].

Відповідальною стадією, яка передуює ініціації інфекції, є адсорбція ризобіальних клітин на коренях рослини-хазяїна. Адсорбція бульбочкових бактерій на коренях бобових рослин, як перша стадія формування симбіозу не має чітко вираженої специфічності, тобто на коренях рослин можуть адсорбуватись і гомо-, і гетерологічні їм бульбочкові бактерії, проте гомологічні (специфічні) – у значно більшій кількості [230].

Роль лектинів у формуванні симбіозу не обмежується лише їх зв'язуванням із глікополімерами мікросимбіонта на початкових етапах контакту з коренями рослин. Такий вплив виявляється у стимуляції

гомологічним лектином партнерів симбіозу та нейтральній або супресорній дії лектину, невідповідного цим симбіонтам. Лектини як рецепторні молекули беруть участь не лише на перших етапах взаємодії ризобій із коренями рослини-хазяїна, а й виконують роль сигнальних молекул і біологічно активних речовин у подальшому формуванні й функціонуванні азотфіксувальної симбіотичної системи.

Симбіотичні властивості ризобій, від яких залежить рівень азотфіксувальної активності бобових, істотно впливають на лектинову активність не лише утворених ними бульбочок, а й інших органів цих рослин. Серед численних наукових доробок у галузі лектинології чільне місце посідають дослідження біологічної активності лектинів, отриманих із різних сортів бобових рослин, що належать до однієї групи вуглеводної специфічності й таких, що мають певні відмінності щодо ступеня їх взаємодії з окремими вуглеводами [273]. Азотфіксувальна активність симбіотичних систем залежить від виду лектину, використаного для обробки бульбочкових бактерій, та його концентрації. Слід зазначити, що концентрація лектину великою мірою визначає характер його впливу на формування і функціонування симбіотичних систем. Сумісна дія бульбочкових бактерій і лектинів гомологічних (специфічних) їм рослин позитивно впливає на нодуляційний процес, азотфіксувальну активність бульбочок, продуктивність рослин і залежить від концентрацій лектину в інокуляційній суспензії. Це означає, що лектин як сигнальна молекула опосередковано, через бактеріальну клітину регулює процес розвитку симбіотичної системи, активність азотфіксації і може бути використаний для підвищення ефективності бактеріальних добрив.

Лектини – продукти рослинного метаболізму, які характеризуються широким спектром біологічної активності і полівекторною дією. За екзогенної дії цих білків на насіння стимулюються процеси проростання насіння, росту й розвитку рослин, підвищується їх продуктивність. Лектини не тільки позитивно впливають на метаболізм і функціональну активність азотфіксувальних мікроорганізмів, а й пригнічують ріст фітопатогенних грибів, що розкриває перспективність практичного використання цих біологічно активних молекул у рослинництві як регуляторів росту рослин і мікроорганізмів, біологічних агентів у розробці екологічних методів захисту рослин [274].

Під час симбіотичної взаємодії ризобій із бобовими рослинами активується каскад фізіологічних реакцій, спрямованих на підтримання функціонального стану утворених систем. Метаболічні процеси, що відбуваються при цьому, включають активування низки ферментів, синтез нових білків, необхідних для нормального функціонування нітрогеназного комплексу, а також підтримання гомеостазу бульбочки у процесі її онтогенезу. Тому вивчення білкового складу симбіотичних систем, утворених за участю ризобій із різними характеристиками, дало б змогу ідентифікувати протеїни, задіяні у формуванні й функціонуванні бульбочок, зрозуміти роль цих біологічних макромолекул на різних етапах розвитку симбіозу.

Під час вивчення фізіологічних особливостей симбіотичних взаємовідносин бобових із ризобіями важливо дослідити фізіологічний стан рослин, зумовлений бактеризацією. Особливе місце при цьому відводиться функціонуванню окисно-відновних ферментів. Вважають, що пероксидази, зв'язані з клітинною стінкою рослини-хазяїна, беруть участь не лише в процесах росту і формування клітинних стінок, а й виконують ширший спектр фізіологічних функцій. Виявлено, що в разі встановлення симбіотичних відносин у клітинах макросимбіонта істотно зростає активність окиснювальних процесів, які супроводжуються утворенням і розкладанням пероксидних сполук за участю пероксидази і каталази. Одним із підходів при вивченні «імуної» відповіді макросимбіонта на інфікування бульбочковими бактеріями може бути дослідження цієї реакції в симбіотичних системах різної ефективності [222].

Широке застосування інокуляції бульбочковими бактеріями бобових культур для підвищення їхнього урожаю та поліпшення його якості спонукає до систематичної роботи над удосконаленням симбіотичних властивостей цих бактерій, а отже, ефективності бобово-ризобіального симбіозу. Генетичною базою для селекції активних штамів бульбочкових бактерій слугують ризобії, виділені з природних біоценозів (аналітична селекція) або отримані за дії різних мутагенів – фізичних і хімічних.

Сьогодні у розпорядженні мікробіологів є доволі великі колекції штамів бульбочкових бактерій – симбіонтів різних бобових культур, виділених із різних ґрунтів, тому подальше отримання таким способом нових штамів із високою азотфіксувальною активністю проблемне. Для розширення генетичної бази цих мікросимбіонтів необхідно залучати нові штами з різних географічних зон, насамперед із центрів походження окремих бобових культур, а також поліпшувати симбіотичні властивості наявних штамів бульбочкових бактерій [210].

Проблема біологічної фіксації молекулярного азоту є однією із фундаментальних проблем біології, важливою та перспективною для підвищення продуктивності землеробства й усунення дефіциту кормового білка, поліпшення екології довкілля. Важливим фактором, що визначає ефективність симбіотичної азотфіксації, є сумісність штамів бульбочкових бактерій та рослини-господаря. Зростання ефективності симбіотичної азотфіксації і підвищення продуктивності бобової культури неможливо без ґрунтового вивчення факторів, які визначають взаємодію симбіотів протягом вегетаційного періоду.

На активність бульбочкових бактерій істотно впливають бактеріальні препарати. Це екологічно безпечні добрива комплексної дії, оскільки мікроорганізми, на основі яких вони створені, не тільки фіксують азот атмосфери, а й продукують амінокислоти і речовини антибіотичної природи, що стримують розвиток патогенів. Відомими серед таких препаратів є бактеріальні добрива під бобові культури, що розроблені на основі симбіотрофних азотфіксуючих мікроорганізмів. Використання ризоторфіну

забезпечує рослини на 30 і більше відсотків дешевим екологічно безпечним азотом та підвищує їхню врожайність на 10-30%, а вміст білка на 15% [275].

За рахунок здатності бобових рослин вступати в симбіоз зі специфічними для певного виду або групи видів бульбочковими бактеріями, вони можуть у ґрунтово-кліматичних умовах України засвоїти за вегетацію близько 125-380 кг/га азоту повітря. Завдяки симбіотичній азотфіксації бобові культури формують високі урожаї дешевого рослинного білка без застосування дорогих, енергоємних і екологічно небезпечних мінеральних азотних добрив. Після збирання урожаю понад 30% біологічно фіксованого азоту залишається в поживних і кореневих залишках й використовується наступними культурами. Інокуляція насіння високоефективними штамми бульбочкових бактерій, одержаними в процесі селекційного відбору, дає змогу реалізувати близько 15-50% симбіотичного азотфіксуючого потенціалу, а решта резерву може бути використана при оптимізації умов функціонування симбіозу [230].

У ґрунтах півдня, центру і сходу України наявні ефективні аборигенні популяції ризобій гороху, бобів, вики, чини, сочевиці, проте не виявлено аборигенних бульбочкових бактерій сої, квасолі, нуту, люпину. У місцях, де раніше вирощували ці культури, в ґрунті зустрічаються локальні інтродуковані популяції ризобій, хоча невисока азотфіксуюча активність ґрунтових ризобій або їх недостатня кількість у зоні проростання насіння для нодуляції бобових рослин обмежує азотфіксуючий потенціал бобово-ризобіального симбіозу. У зв'язку з цим обов'язковим агрозаходом у технологіях вирощування зернобобових культур має бути передпосівна обробка насіння біопрепаратами. Мікробні препарати на основі бульбочкових бактерій розробляються як в Україні, так і в інших країнах світу. В умовах України такі препарати забезпечують підвищення продуктивності бобових культур усередньому на 10-30%, а зростання вмісту протеїну в рослинах – на 20-45%. Розробляються й застосовуються різні форми препаратів (торф'яна, вермикулітна, геляна і рідка).

Одним із шляхів оптимізації умов функціонування симбіозу є поєднане застосування при інокуляції насіння одночасно із ризобіями інших штамів мікроорганізмів, які володіють фосфат-мобілізацією та здатністю пригнічувати розвиток фітопатогенних грибів. Практичне застосування такого поєднання штамів здійснюється через змішування препаратів безпосередньо при інокуляції або при виготовленні препаратів. В Україні розроблено експериментальні комплексні мікробні добрива, що включають інокуляційний матеріал бульбочкових бактерій *Bradyrhizobium japonicum*, асоціативні азотфіксуючі та фосфатмобілізуючі ризосферні бактерії у формі рідкого препарату [178].

Таким чином, ефективність симбіотичної азотфіксації та фосфатмобілізації залежить від виду і сорту бобової культури, штаму бактерій та екологічних умов, у яких відбувається цей процес .

## РОЗДІЛ 3. ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ВИРОЩУВАННЯ КВАСОЛІ

### 3.1. Роль сорту в зональній технології вирощування

Однією з найважливіших передумов отримання високого врожаю квасолі є правильний підбір сорту. Гарний сорт для виробництва характеризується не лише високою стабільною урожайністю, толерантністю до хвороб, високими харчовими властивостями, а і придатністю до механізованого збирання [276], яка є найбільш слабкою ланкою в технологічному процесі вирощування квасолі.

Інтенсифікація процесів росту і розвитку рослин квасолі звичайної обумовлюється впливом ряду екологічних, едафічних та біотичних критеріїв [277, 278, 279], проте домінуюча роль за даними багатьох авторів належить саме сортам і технології вирощування цієї культури [280, 281.]. Тож досягти високої ефективності можливо лише за рахунок використання високопродуктивних сортів, які адаптовані до певних умов вирощування та до загальноприйнятої технології вирощування культури в регіону [282, 283, 284, 285]. Сорти відрізняються між собою за багатьма ознаками: за висотою стебла, формою куща, за кольором бобів і забарвленням насіння, за ступенем розвитку пергаментного шару в стулках бобів і це ще не весь перелік [286, 287].

У перекладі з латинської мови сорт рослин (*sors*) означає різновид, вигляд або сукупність рослин, що створені або виведені в результаті селекції та володіють визначеними властивостями та певними характеристиками. Насамперед такими морфологічними, фізіологічними, господарськими ознаками, що передаються в спадок і являються нижчою класифікаційною одиницею для культурних рослин.

Науковці називають сортом групу рослин, яких об'єднують за походженням, з характерними біологічними та господарськими ознаками, які успадковуються, крім того ця група рослин має бути адаптована до умов вирощування в певних регіонах. При цьому важливо підкреслити наступні моменти:

1. Група рослин, які складають сорт, має спільне походження. Вона являє собою розмножене потомство одного або небагатьох рослин.
2. Ступінь подібності рослин у межах сорту за господарсько-біологічними властивостям і морфологічними ознаками залежить від вихідного матеріалу і методів відбору і може бути різною.
3. Сорт створюється для обробітку в певних природних умовах.
4. Повинен забезпечувати отримання стійких високих урожаїв і високоякісної продукції.
5. Створюється для обробітку в певних виробничих умовах.

Сорти рослин за походженням розрізняють – місцеві і селекційні.

Місцеві сорти – продукт отриманий в результаті народної селекції, головним чином тривалого масового відбору. Ці сорти добре адаптовані до

умов вирощування, володіють багатьма господарсько-корисними ознаками і часто служать вихідним матеріалом в селекції .

Селекційні сорти створюють в науково-дослідних установах, використовуючи спеціальні методи.

Ще сорти поділяють за способом виведення. Зважаючи на біологічні особливості та походження виділяють лінійні *сорти - потомство* однієї рослини, що самоzapильється, отримане методом індивідуального відбору, відрізняються вирівняністю по всіх ознаках; *сорти-популяції* – генетично однорідна сукупність рослин, зазвичай перехресноzapильних, які можуть відноситися навіть до різних різновидів, але переважно мають один або декілька загальних ознак; *сорти-клони* – відібране потомство однієї вегетативно розмноженої (шляхом черенкування, ділення, щеплення) рослини – генетично найбільш однорідні. Особливе положення займають гібриди, створені схрещуванням сортів, самоzapильних ліній або сорту з лінією. Відрізняються підвищеною врожайністю (явище гетерозису ) в першому поколінні. Сорти, які мають схожі господарські і біологічні ознаки, для зручності вивчення і інвентаризації об'єднують в групи – сортотипи.

Використання кращих сортів – один з ефективних засобів підвищення врожайності сільськогосподарських культур і поліпшення якості продукції. У виробничих умовах сорти погіршуються і потребують сортооновлення. Старі сорти періодично замінюють новими, урожайнішими і такими, що дають кращу продукцію, тобто проводять сортозаміну. Всі сорти мають пройти державне сортовипробування – своєрідний конкурс, під час якого відбирають кращі для впровадження у виробництво сорти. Розмноженням їх займається насінництво. Визначення достовірності сорту здійснює сортовий контроль.

Величина урожаю сільськогосподарських культур у значній мірі залежить від якості посівного матеріалу.

Насіння, що відзначається найбільш вираженими ознаками даного сорту, називається елітним. Елітне насіння дає врожай першої репродукції, першої репродукції – врожай другої репродукції і т. д.

Для посіву рекомендується використовувати посівний матеріал не нижче третьої-четвертої репродукції. Використання для сівби насіння нижчої якості помітно знижує врожайність культури, тому час від часу потрібно оновлювати насінний матеріал, тобто проводити сортооновлення.

Показники, що характеризують якість насіння, яке використовується для посіву, поділяють на дві групи: сортові ознаки та посівні показники.

Важливим показником сортової якості насіння є сортова чистота, під якою розуміють відсотковий вміст у посівному матеріалі насіння зі всіма ознаками, притаманними даному сорту.

Сортову чистоту визначають безпосередньо на посівах під час апробації. Проходять діагоналями поля і відбирають у будь-якому порядку рослини на сніп, який перебирається з підрахунком рослин основного сорту і рослин інших сортів. За співвідношенням між кількістю рослин основного сорту і загальною кількістю рослин у снопові визначають сортову чистоту даної культури.



На основі даних про чистоту, насінний матеріал сільськогосподарських культур поділяють на три категорії: перша категорія – сортова чистота не нижче 99,5%; друга – не нижче 98%; третя – не нижче 95% [ 288].

Вибір сорту при вирощуванні квасолі є досить складним завданням і важлива складова технології, яка визначає зростання ефективності виробництва квасолі звичайної, оскільки різні сорти квасолі мають доволі широкий спектр вегетаційного періоду від 75 до 130 днів. Певна річ, що вони відрізняються багатьма іншими ознаками, як візуальними, так і прихованими, починаючи від посухостійкості і закінчуючи потенціалом врожайності. Втім, такий вибір різноманітних сортів за термінами дозрівання дозволяє аграріям застосовувати різні стратегії вирощування, починаючи від застосування надранніх посівів скоростиглих сортів, аби оминати літню спеку, і закінчуючи інтенсивною технологією вирощування пізніх сортів. Найчастіше в господарствах сіють середньостиглі сорти, котрі здебільшого характеризуються універсальними властивостями [289, 290, 291].

Насіння – один з основних засобів сільськогосподарського виробництва, його найважливішої галузі – землеробства. Воно є носієм біологічних і господарських властивостей рослин. Тому від якості насіння в значній мірі залежить майбутній урожай. Значення сортового насіння важко переоцінити, особливо за умов ринкової економіки. Сорт як ефективний засіб виробництва спрацьовує тільки завдяки використанню високоякісного насіння, яке визначає міру продуктивної реалізації сортових, природних та економічних ресурсів при виробництві рослинницької продукції і є об'єктом його інтенсифікації.

У Нікарагуа сорти квасолі є важливим компонентом системи землеробства, особливо для дрібних фермерів. Генетичне різноманіття квасолі у світовому землеробстві досить широке. У великих банках зародкової плазми налічується близько 65 000 зразків квасолі *Phaseolus*, з яких понад 90% - *P. vulgaris*. Важливістю сортів квасолі в сільському господарстві Нікарагуа не можна нехтувати. Вони використовуються як посівний матеріал більшістю дрібних фермерів, оскільки мають багато важливих властивостей (наприклад, ранньостиглість) і добре підходять як до систем рослинництва, так і до соціально-економічного становища дрібних фермерів. Ці сорти мають низьку врожайність порівняно з новими селекційними сортами і загалом чутливі до біотичних стресових факторів, хоча деякі автори стверджують, що за певних умов вони можуть давати врожайність не гіршу, або навіть кращу, ніж деякі селекційні сорти. Таким чином, глибоке розуміння факторів, які можуть впливати на процеси формування врожайності як у місцевих сортів квасолі, так і у селекційних сортів в умовах Нікарагуа, є важливим, що може слугувати основою для їх раціонального використання та вдосконалення.

Завдяки вирощуванню в широкому і різноманітному діапазоні ґрунтів і в контрастних кліматичних умовах в поєднанні з різними методами управління, нікарагуанські сорти квасолі демонструють високу фенотипічну варіативність адаптивних ознак. Ці ознаки, однак, сильно залежать від умов навколишнього середовища [ 292].

Найбільша у світі колекція Міжнародного центру тропічної агрокультури (CIAT) налічує понад 40 000 зразків квасолі, з яких 26 500 – культурні види квасолі (*Phaseolus vulgaris*), близько 1 300 – дикі види квасолі, а решта – далекі родичі квасолі. Внутрішньовидова організація генетичної мінливості *Phaseolus vulgaris* добре вивчена. Першими були виділені два великих генофонди – мезоамериканський та андський південноамериканський. Пізніше був описаний третій генофонд в північних Андах (Еквадор і північне Перу) [293], який зараз розглядається як осередок різноманітності квасолі, з якого дика квасоля поширилася, як на північ, так і на південь. Кожний сорт має свої особливості, екологічну адаптацію та агрономічні ознаки. Культивовані форми квасолі, які також називаються ландрасами, часто сильно відрізняються за зовнішнім виглядом, але їх можна ідентифікувати, і вони зазвичай мають місцеві назви. Вони мають особливі властивості або характеристики (наприклад, ранньостиглі або пізньостиглі), репутацію адаптації до місцевих кліматичних умов і культурних практик, а також стійкість або толерантність до хвороб і шкідників. В результаті цього вважається, що сорти демонструють високу стабільність врожайності та проміжний рівень врожайності при низьких витратах сільськогосподарських ресурсів [294.].

Вважається, що генетичне різноманіття сортів сільськогосподарських культур, в тому числі і квасолі, є найбільш економічно цінною частиною глобального біорізноманіття і має першорядне значення для майбутнього світового виробництва. Це своєрідні резервуари корисного генетичного різноманіття, сорти сільськогосподарських культур необхідно зберігати. Добре відомо, що генетичне різноманіття культури формується декількома факторами, а саме: біологією популяції, фізичним середовищем, в якому вона вирощується (грунт, клімат, хвороби тощо) та господарською діяльністю людини. Таким чином, можна очікувати, що генетична мінливість буде постійно змінюватися, і тому картина, отримана на момент збору є лише частковою і не обов'язково репрезентативною для рівня мінливості нині вирощуваних сортів квасолі. В результаті нещодавнього стихійного лиха (повені внаслідок урагану Мітч у 1998 році) в Нікарагуа кілька дрібних фермерів повністю втратили свої врожаї. Зовсім недавно було розпочато урядову програму під назвою «Фунт за фунт», яка має на меті замінити всі сорти квасолі на селекційні. Ці події свідчать про те, що деякі сорти квасолі вже можуть бути втрачені назавжди [295].

Загальновідомо, що при виборі сортів та гібридів сільськогосподарських культур необхідно враховувати перш за все ґрунтово-кліматичні умови господарства, значення мають і попередники, строки сівби, ознаки сортів та гібридів: зимостійкість, морозостійкість, посухостійкість, стійкість до збудників хвороб та шкідників. Без врахування цих ознак неможливо отримувати щорічно стабільний та якісний урожай зернових культур. Вплив обраного сорту на отримання майбутнього урожаю оцінюється вченими від 20% до 50%, а подекуди й вище. Сорти відрізняються один від одного реакцією на окремі елементи технології вирощування, потенціалом урожайності, стійкістю до несприятливих умов вирощування, строками дозрівання та іншими

ознаками. Перш за все при виборі сорту слід враховувати найбільш суттєві елементи продуктивності, які є вирішальними для даної місцевості. Щоб мати гарантований та стабільний урожай, необхідно використовувати такі сорти, які пройшли оцінку в умовах даного регіону [296].

Підбір сорту у технології вирощування є надійним і економічно вигідним фактором підвищення врожайності культури, за будь-якої технології вирощування. Сучасні сорти та гібриди повинні максимально відповідати інтенсивним та індустріальним технологіям вирощування. Однак у виробничих умовах, рівень продуктивності сорту реалізується на одну третину, а в деяких випадках – лише на 10-20%. Головна причина недоборів врожаю – невідповідність сорту, технології та економічним ресурсам поля, і навпаки: невідповідність технології, біологічним особливостям сорту й економічним ресурсам.

Зміна клімату в останні роки, зокрема, підвищення середньорічних температур та збільшення ризику посухи, вимагають вирощування інтенсивних, високопродуктивних та посухостійких сортів. Тому і в Україні створюють більш зимостійкі та засухостійкі сорти сільськогосподарських культур, добре пристосованих до різних ґрунтово-кліматичних умов. Підвищення екологічної стійкості сортів, як найважливішого біологічного фактора інтенсифікації технологій, особливо важливе в зв'язку з тим, що значна частина земельної площі нашої країни характеризується або вкрай холодним, або вкрай посушливим кліматом [297, 298].

Особливу цікавість серед селекціонерів викликає напрямок селекції із створення агрохімічно ефективних сортів (АЕС), які забезпечують зниження витрат мінеральних добрив на 30-% і більше. АЕС рослин є, як правило, стійкими до екстремальних умов. Модель сортів цього типу включає фізіологічні ознаки, що характеризують стійкість рослин до вилягання, толерантність до стресових факторів (абіотичних і біотичних), а також показники, що корелюють з активним поглинанням і раціональною витратою елементів живлення. Вагоме значення в підвищенні віддачі сорту при внесенні добрив має не тільки потужний розвиток кореневої системи, але насамперед активна її фізіологічна діяльність: підвищений приплив вуглеводів до коренів, більш тривале функціонування зародкових і придаткових коренів, підвищений вміст фізіологічно активних метаболітів та ін.

При підборі сортів та гібридів сільськогосподарських культур необхідно враховувати реакцію їх на засоби інтенсифікації. Відповідно до цієї особливості всі сорти та гібриди можна поділити на інтенсивні, напівінтенсивні (пластичні) та екстенсивні сорти (гібриди).

Інтенсивні сорти та гібриди, як повідомляють науковці ВНАУ, порівняно від напівінтенсивних, вимагають високої інтенсифікації технології вирощування. В умовах зниження використання засобів інтенсифікації різко зменшують урожайність. [299].

За обмеженого ресурсозабезпечення (добрив, засобів захисту тощо) на менш родючих ґрунтах та після задовільних попередників, де потенційні

можливості інтенсивних сортів не можуть бути реалізовані повною мірою, доцільно використовувати пластичні сорти, які за даних умов здатні формувати середні рівні врожаїв.

Екстенсивні сорти – це сорти, які дають не високий, але стабільний урожай при обмеженні використання добрив та інших заходів інтенсифікації і характеризуються низьким потенціалом продуктивності.

Також у сільськогосподарському виробництві застосовують суміші видів, сортів та гібридів польових культур. Метою такого заходу є поєднання в посіві різних за морфологічними, екологічними та біологічними властивостями представлених категорій може бути різною. В агрофітоценозах здебільшого вирощують один сорт, який має свої сортові ознаки росту і розвитку, періоди вегетації, формування врожаю, відношення до екологічних чинників. На відміну від природних фітоценозів, чисті сортові посіви мають певні характерні особливості, такі як: тривалість вегетаційного періоду, використання сонячної енергії, просторове розміщення наземних та підземних органів, їх габітус, одностороннє використання елементів живлення, стійкість до несприятливих умов тощо. Тому для якомога повнішого використання чинників життя відповідно до росту продуктивності та якості врожаю, використовують багатосортові й багатолінійні популяції.

Добір сортів і гібридів сільськогосподарських культур є також альтернативою застосування хімічних регуляторів росту (інгібіторів, ретардантів, дефоліантів, десикантів). Для ефективного захисту рослин у сівозміні потрібно спрогнозувати видовий склад шкідників, хвороб і бур'янів. Це дасть змогу використати в посівах певний сорт, намітити реальні заходи захисту рослин, максимально знизити застосування хімічних речовин, поліпшити екологічну ситуацію середовища.

Біокліматичний потенціал України в цілому і зони Лісостепу зокрема, дає можливість вирощувати основні види сільськогосподарських культур. Впровадження розроблених на принципах адаптивного рослинництва технологій вирощування сучасних сортів є суттєвим засобом збільшення виробництва продукції рослинництва. Ефективність усіх факторів інтенсифікації технологій вирощування сільськогосподарських культур повинна підвищуватися на основі дедалі зростаючого рівня агротехніки. Сучасні сорти з високою потенційною продуктивністю більшою мірою «сканують» нерівномірний розподіл абіотичних і біотичних факторів середовища, тому завдання щодо одержання стабільних урожаїв нині набуває все більшої актуальності. Це потребує перегляду всієї концепції рослинництва та розробки стратегії його адаптивної інтенсифікації, яка ґрунтується на використанні адаптивного потенціалу всіх біологічних компонентів агроєкосистем [300].

При підборі сортів квасолі дуже важливо визначитися, які характеристики сорту є в кожному випадку визначальними та підходять найбільше нам відповідно до вимог. Це значно дозволить підібрати найкращі за

характеристиками сорти, з урахуванням основних характеристик, тому наводимо основні аспекти при виборі сортів.

Районовані сорти – з урахуванням кліматичних особливостей конкретного регіону: холодостійкі або теплолюбні, стійкі до перезволоження ґрунту або до посушливої погоди, виносять закислені або засолені ґрунти. Для кожного регіону існує відповідний за термінами визрівання сорт або гібрид. При цьому варто врахувати, що квасоля гостролистого кушова є невибагливим видом. Підходить як для вирощування в середній смузі (теплі райони), так і для Сибіру та Канади (холодні райони). Пізньостиглі сорти і гібриди добре ростуть в регіонах ризикованого землеробства тільки в плівкових або аротних укриттях.

Сорти, які характеризуються підвищеним імунітетом до певних захворювань або адаптовані під протистояння поширеним шкідників (що не представляють для них інтересу).

Сорти, найбільш придатні для того чи іншого виду переробки: до прикладу, на кормові цілі, для заморозки, консервації, тривалого зберігання.

За особливостями дозрівання та збору. Діляться на цукрові (Спаржеві, стручкові) і луцильні (зернові). До останніх умовно можна віднести і універсальні сорти, які в недостиглому вигляді можна вживати стручками.

За типом росту – кушові (детермінантні) і кучеряве довгими батогами (індетермінантні).

По термінах дозрівання – ділиться на ранні (65-75 дн.), середні (75-90 дн.) і пізні (понад 3 міс.).

За кольором і формою стручків і зерен. Квасоля – одна з найбільш різнокольорових овочевих культур. Колір бобів може бути найрізноманітнішим – жовтим, фіолетовим, рожевим, зеленим, білим, пурпуровим і навіть строкатим з усіма цими відтінками відразу. Відрізняються за кольором і формою і стручки, що в поєднанні з можливістю вертикального озеленення дозволяє використовувати цю культуру в дачному декорі. Декоративність кучерявих сортів чудово доповнює їх високі поживні властивості.

Класифікують квасолю і за зовнішнім виглядом, смаковими якостями, поживними властивостями. З урахуванням цих чинників можна виділити такі групи бобової культури:

*Неві* – біла дрібноплідна квасоля. Насіння цього виду зовні схожі на горошини, вони такі ж дрібні і округлі. Неві – рекордсмен за змістом клітковини, також містить вітаміни А, В, РР, С і К, Е.

*Ліма* – масляні боби білого або зеленого відтінку. Форма бобів трохи плеската, розміри – великі. Сорт дуже корисний для судин і серця.

*Кідну* – червона квасоля, насіння якої за формою схожі на нирку. Колір цих бобів червоний, пурпурний.

*Чорноплідна квасоля* має темну шкірку і білу внутрішність. Горошини дрібні, округлі. Після варіння такі боби втрачають форму. Чорна квасоля містить максимальну кількість білка, перешкоджає утворенню злякисних пухлин.

*Стручкова квасоля* – добре переносить заморожування, зберігаючи всі корисні речовини і вітаміни. боби можуть бути різного відтінку: зелені, фіолетові, жовті, бежеві. У таких сортах міститься велика кількість вітамінів, але білка в бобах менше.

*Пінто* – плямистий сорт, біла підстава з червоними цятками. Строкате забарвлення бобів стає однорідним після того, як квасоля звариться. Містить багато заліза, тому рекомендована при анемії і хворобах серця, імунної системи.

*Флажоле* – вживається в незрілому вигляді. Боби пофарбовані в зелений колір, на смак схожі на стручкову квасолю.

*Чали* – білі боби великого розміру. У них багато кальцію і калію, мають протимікробну і ранозагоювальну дію.

*Вигна* частіше називається «Чорний очей». Це білі боби з чорним «вічком» на боці. Шкірка цих сортів більш тонка, тому варити квасолю доведеться менше (близько 40 хвилин без замочування).

*Фава* може використовуватися і в вигляді стручків і у вигляді зрілих бобів. Насіння велике, трохи сплюснені, пофарбовані в коричнево-бурий колір.

Усі вказані сорти частіше використовуються в європейських країнах і відповідно і блюдах. Для азіатської та індійської кухні є ще маса сортів квасолі зі специфічним ароматом і смаком (від солодкого до пряного, трав'янистої). У нас на території України культивуються близько 50 з відомих на сьогоднішній день сортів квасолі. Всі вони мають свої певні особливості і переваги [301].

Головна особливість землеробства України на сучасному етапі полягає у виробництві продукції рослинництва при обмежених витратах антропогенної енергії і збереженні довкілля від процесів деградації і забруднення. Одним з шляхів вирішення цієї проблеми є впровадження нових сортів, агроценози яких завдяки значному адаптивному потенціалу забезпечують високий рівень реалізації продуктивності при мінімальних енергетичних витратах і здійснюють позитивний біогеоценотичний вплив на елементи родючості ґрунту [302].

Сьогодні нові сорти сільськогосподарських культур створюються набагато швидше, ніж раніше. Найбільш повна і швидка реалізація досягнень селекції можлива тільки при добре організованому насінництві, основні завдання якого зводяться до прискореного розмноження насіння нових та підтримання генетично обумовлених ознак та властивостей вирощуваних у виробництві сортів.

У процесі розмноження сорти поступово втрачають свої властивості внаслідок механічного та біологічного засмічення, появи мутацій, ураження хворобами та шкідниками. Тому виникає необхідність проводити сортооновлення, тобто частково поновлювати сортове насіння, яке, перебуваючи у виробництві, погіршило свої властивості, на високоякісне вищих репродукцій. Посівним матеріалом високих репродукцій зазвичай проводиться і сортозаміна, тобто заміна на виробничих посівах одного сорту на інший, який перевершує його за господарсько-цінними ознаками та властивостями [303].

Агротехнічні прийоми і правила вирощування квасолі в південних і північних регіонах, на сході і заході України практично не відрізняються один від одного. Розрізняються лише підходи щодо поліпшення фізико-хімічного стану ґрунту і посівний календар. Для отримання хорошого врожаю важливо правильно визначитися з сортом культури і способом вирощування квасолі: у відкритому чи захищеному ґрунті, розсадним способом або посівом насіння безпосередньо в ґрунт.

Доведено, що сорти квасолі звичайної, схильні до вилягання, краще ростуть при меншій густоті рослин, а більш стійкі проти вилягання та ті, що не гілкуються, краще ростуть при більшій густоті [304, 305].

Насамперед варто звернути увагу при виборі сорту квасолі звичайної на урожайність, швидкість досягання, стійкість проти осипання зерна, стійкість проти вилягання посівів, проти ураження хворобами та пошкодженням шкідниками, за висновками науковців в посушливих зонах зосереджуються на стійкості до посухи, на зволжених територіях до тимчасового перезволоження. До того ж значну роль відіграють біологічні особливості культури, встановлено, що висока продуктивність квасолі може забезпечуватися різними нормами висіву насіння, а також різними способами сівби. Особливого значення набуває стійкість сортів до несприятливих умов навколишнього середовища. Досить багато суперечностей виникає при огляді результатів досліджень різних авторів щодо способів розташування на площі і норм висіву квасолі [306, 307].

Висока стабільність врожайності є важливою характеристикою будь-якого сорту, особливо в умовах впливу різних біотичних та абіотичних стресових факторів. Існує дві концепції стабільності, які часто використовуються по відношенню до продуктивності сорту: статична (біологічна) та динамічна (агрономічна). Перше означає, що сорт має стабільну продуктивність в різних умовах і не має різниці між різними середовищами. Друга означає, що сорт має стабільну продуктивність, але для кожного середовища його продуктивність відповідає оціночному або прогнозованому рівню (тобто сорт є стабільним, якщо його реакція на середовище паралельна середній реакції всіх сортів у випробуванні [308, 309]).

Державний реєстр селекційних досягнень не розмежовує сорти квасолі по регіонах допуску і вказує, що всі вони можуть вирощуватися в усіх регіонах країни. Аналізуючи інформацію, представлену в характеристиках сортів, а також те, що в північних регіонах краще вирощувати більш скоростиглі різновиди, дозволимо собі сформулювати рекомендаційну таблицю сортів квасолі, включеної до Держреєстру, для різних регіонів країни. Яка б різновид квасолі не була обрана для посадки на вашій ділянці, в будь-якому випадку ви отримаєте унікальну білкову добавку для різних страв, що містить в собі також безліч корисних вітамінів і мікроелементів. Бобові культури, до яких відноситься і квасоля, вважаються досить невибагливими у вирощуванні. Вони цілком успішно ростуть навіть на недостатньо родючих ґрунтах, рідко уражаються хворобами і шкідниками в процесі культивування, а протягом усього

вегетаційного періоду не вимагають особливого догляду. Незважаючи на невибагливість культури, певна увага їй все ж буде потрібно. В першу чергу потрібно правильно підібрати сорт рослини, вибрати і підготувати ґрунт для висадки і дотриматися всіх правил агротехніки.

Завдяки постійній роботі селекціонерів в Україні, у тому числі й на Вінниччині, виводяться нові сорти, пристосовані до різних кліматичних умов, особливостей ґрунту, перезволоження або посушливій погоді, різних видів захворювань і шкідників. Але майже одногосно всі аграрії стверджують, що основними критеріями вибору сорту квасолі є:

- тривалість періоду, протягом якого тримається комфортна для зростання квасолі температура;
- місце, виділене під квасоллю;
- ґрунтові або кліматичні регіональні умови, що сприяють появі шкідників і сприяють розвитку захворювань.

Для відкритого ґрунту вибирають районовані сорти (спаржеві, зернові), стійкі до інфекцій і кліматичних умов регіону. Універсальністю щодо регіону вирощування вирізняється зернова квасоля кущового типу. Вона не вимагає особливого догляду, зростає в будь-якому кліматі. Харчову цінність представляють зерна, стручки стручка в їжу не вживають. Зерна зберігаються довго в сухому вигляді і не вимагають заморозки, перед вживанням проходять термообробку (відварюються, гасяться) [310].

За умов вирощування квасолі в сучасних технологіях вирощування важливе значення відіграє стійкість її проти хвороб. Загальновідомо, що в прохолодну погоду з надмірною кількістю опадів, певної шкоди рослинам квасолі завдає бактеріоз, що спонукає до виникнення певних проблем при культивуванні квасолі. Також часто відзначають високу імовірність поширення фузаріозу за присутності високих температур повітря та нестійкого водного режиму ґрунту. Квасолева зернівка шкідник, що пошкоджує насіння квасолі всіх сортів, чим завдає шкоди на посівах цієї культури. Саме стійкість до шкідників та хвороб переважно впливає на формування високих якісних показників урожаю квасолі, але повністю реалізувати свій генетичний потенціал сорт може лише за оптимальних умов вирощування. Коли усі фактори життя квасолі оптимально поєднані із ґрунтово-кліматичними умовами. Тому існує потреба постійного оновлення сортів квасолі і не лише із вказаних вище аспектів, але й через інші фактори: підвищеним вимогам споживачів до якості продукції, появою нових рас збудників хвороб та шкідників, старінням та виродженням сорту, новими інтенсивними технологіями вирощування, зберігання та переробки продукції та розширенням ареалу вирощування [311, 312, 313].

Такі фактори доквілля, як різна тривалість світлового дня, якість та інтенсивність світла, температура (сума ефективних температур) і відносна вологість повітря призводять до змін хімічного складу, морфологічних та фізіологічних властивостей насінини, внаслідок чого й отримуємо насіння



неоднорідне за схожістю, формою, розміром, масою та життєздатністю [314, 315].

Для підбору нових сортів Олег Овчарук рекомендує спочатку звернути увагу на зону районування сорту, оскільки за недостатньої екологічної пластичності, сорт, який формувався в умовах однієї зони, де й забезпечував високу продуктивність, в іншій зоні не може гарантувати очікуваних результатів, через непридатність до умов вирощування у тому регіоні. А наступною рисою сорту, на яку звертають увагу, це придатність сорту квасолі для механізованого способу збирання, необхідно зважати на висоту прикріплення нижнього боба на рослині. Цю ознаку науковці розглядають в поєднанні зі стійкістю рослин проти вилягання та типом форми куща. Дану ознаку визначають вимірюванням висоти прикріплення нижнього бобу та відстанню від поверхні ґрунту до кінчика нижнього бобу. Окрім цього, сорти повинні відзначатися сильно розвинутою кореневою системою, компактною формою куща та одночасним дозріванням бобів [316].

Підбір сортів для вирощування у Кенії базується на використанні в усіх регіонах сортів квасолі, що стійкі до посухи та сортів адаптованих до ґрунтових умов східного регіону Кенії. Місцеві дослідники поділяли думку, що звичайна квасоля не є стійкою до посухи, але також не любить надмірних дощів. Більшість аграріїв констатували, що сорти квасолі різняться за своєю реакцією на наявність води: чорні боби вважалися найбільш стійкими до посухи, тоді як андські сорти з великим насінням виявилися дуже сприйнятливими. З іншого боку, такі сорти, як «водорості хамаре» (pinto) вважалося, що вони уникають термінальної посухи через раннє дозрівання. Аграрії відзначили, що іноді вони можуть втратити сорт через посуху, але зазвичай він може бути замінений таким самим сортом на місцевому ринку, у родичів чи друзів, поля яких отримали більше опадів в інших частинах села чи за межами села. Кенійські науковці не хотіли, щоб жоден сорт був втрачений з їх системи виробництва, і вказали, що більше сортів буде корисним у наступні роки для боротьби з посухою [317].

Отже, досить складним завданням є вибір сортів, оскільки різні сорти квасолі мають вегетаційний період від 75 до 130 днів. Звісна річ, що вони відрізняються багатьма іншими ознаками, починаючи від посухостійкості і закінчуючи потенціалом врожайності. Втім, така розмаїтість сортів за термінами дозрівання дозволяє агроному застосовувати різні стратегії вирощування, починаючи від надраних посівів скоростиглих сортів, аби оминати літню спеку, і закінчуючи інтенсивною технологією вирощування пізніх сортів. Але найчастіше в господарствах сіють, ясна річ, середньостиглі сорти, котрі здебільшого характеризуються універсальними властивостями.

В плані вибору сортів квасолі звичайної у агровиробника є широченний вибір, адже існують чудові варіанти, як вітчизняної, так і іноземної селекції, які добре адаптуються до ґрунтово-кліматичних умов регіону.

### 3. 2. Підготовка ґрунту, насіння та особливості сівби

Територія України належить до традиційних районів вирощування квасолі. Родючі ґрунти, достатня кількість вологи, тепла і світла за досить тривалого безморозного періоду дають можливість одержувати високі врожаї зерна квасолі. На жаль, в останні десятиріччя площі під цією культурою в Україні були незначні, вирощували її в основному на присадибних ділянках. За даними Державної статистичної служби України впродовж останніх п'яти років виробництво квасолі коливалося від 28,8 до 43,3 тис. т. за посівної площі близько 28,7 тис. га [318]. Як зазначалось раніше, традиційно квасоля вирощується у західних областях України і майже 50 % її виробництва зосереджено в трьох областях – Івано-Франківській, Тернопільській та Хмельницькій. Закарпаття є сприятливим регіоном для вирощування квасолі. Більша частка зерна цієї культури вирощується в приватному секторі на незначних площах (в основному присадибних ділянках), що не задовольняє попиту в даній продукції, тому стоїть питання про збільшення посівних площ. Найбільш придатними для вирощування в даному регіоні є сорти зернового напрямку використання.

Квасоля відноситься до групи теплолюбних рослин, тому її слід висівати у ґрунт, коли температура повітря прогріється до + 8-10 градусів, а загроза весняних заморозків пройде. Посіви вкрай чутливі до заморозків. Варто стовпчику термометра опуститися нижче позначки 0 С°, як сході квасолі гинуть. Оптимальною температурою для розвитку цього представника бобових є температура на рівні +25 С°. Варто вказати, що кучеряві сорти квасолі висаджують на тиждень пізніше, ніж кущові сорти.

Строки сівби потрібно підгадати ще й таким чином, аби ключові фази розвитку рослин припали на нормальний температурний режим. Виходячи із цього, варто проаналізувати дані метеостанції в регіоні, де розташовані поля господарства, впродовж останніх 10-12 років і спробувати визначити оптимальні терміни для сівби різних сортів квасолі.

При цьому вага 1000 насінин крупнонасінних сортів квасолі може перевищувати вражаючі 400 грамів. Для того, аби така солідна насінина проросла, необхідна відповідна кількість доступної вологи.

Не слід забувати і про те, що квасоля – доволі вологолюбна культура і її краще сіяти у місцевості, де середня річна кількість опадів не опускається нижче 450 мм. Втім, поклавши руку на серце, потрібно визнати, що про стабільність в плані опадів не можна говорити у жодній області України [319]

Ще один фактор, який здатний зіпсувати урожай – це як надлишок, так і недолік вологи, особливо у фазі зав'язування бобів. Нестача вологи в ґрунті в період утворення бобів зумовлює зменшення їх розміру, збільшення пергаментного шару та потовщення на швах волокон, що різко знижує їх якість. Боби стають тонкими з невеликою кількістю зерен та грубуватою консистенцією плодів. До надлишку вологи, особливо в холодну хмарну погоду, рослини квасолі відносяться також негативно – страждає як коренева,

так і надземна її частина. Коренева система ослизнюється, листки передчасно жовтіють та відмирають, затримується ріст і розвиток рослин, бутони та квітки осипаються, а також pojawiaються грибкові захворювання [320].

Здавна у багатьох цивілізаціях світу широко застосованою була сівозміна овочевих культур, тобто послідовна зміна вирощуваних рослин на одному й тому самому місці. Це пов'язано з тим, що різні види поглинають із ґрунту та виділяють певні речовини, які можуть виснажувати землю або бути шкідливими для росту інших культур. Різновид культур, що росли у ґрунті попереднього року, визначає його кислотність, поживність та ймовірне інфікування. Щоб земля не виснажувалась, одні й ті самі культури повертають на попереднє місце не раніше, ніж через 3-5 років. Доведено, що кращими попередниками для квасолі в наших умовах будуть озимі та ярі зернові, кукурудза на силос, зерно, зелений корм.

Сама ж квасоля рано звільняє поле, поліпшує структуру ґрунту, засвоює важкорозчинні форми добрив – є добрим попередником для інших культур сівозміни [321].

Для вирощування квасолі підходять добре дреновані, легкі за механічним складом чорноземи з нейтральною реакцією або ж слабокислою реакцією ґрунтового середовища (рН 6,5-7,5). Не рекомендують вибирати місця низинні або ж біля водойм, оскільки квасоля не витримує близького залягання підґрунтових вод. Критичний поріг – 2,5 метра, а все, що вище, є негативним чинником зростання цієї багаторічної культури. З цієї ж причини для посадки рослини не підходить заболочена і важка торф'яна земля. При цьому стручкова квасоля не приживеться і в абсолютно сухому ґрунті. Це багаторічна рослина досить примхливо.

Досить багато досліджень проведено на ґрунтах важких, кислих, заболочених, або надто легких піщаних ґрунтах де квасоля росте теж, але потребує додаткових агротехнічних заходів та інших технологічних підходів при її вирощуванні. Квасоля може рости на південних суглинистих ґрунтах, проте потрібно внести пісок або торф для кращого водозабезпечення і газопроникності, перегній або компост в якості добрива, попіл або вапняне добриво, якщо ґрунт дещо закислений [322].

Нинішні системи землеробства відзначаються високим показником механізації усіх операцій при посіві сільськогосподарських культур, а їх поєднання забезпечує високу рентабельність виробництва і сталі високі показники продуктивності [323].

Оптимальне визначення та підбір на певному типі ґрунту системи обробітку забезпечує створення для майбутнього посіву сприятливий водний повітряний, тепловий, поживний режими, акумуляцію і збереження вологи, забезпечує зменшення втрат на випаровування, створює оптимальні фізичні і агрохімічні умови для продуктивного росту та розвитку квасолі, створює найкращі умови для мікробіологічної діяльності ґрунтової мікрофлори, зменшує кількість бур'янів, запобігає появі хвороб і поширенню шкідників тощо [324, 325].

При вирощуванні квасолі у різних регіонах України користуються чітко напрацьованими параметрами, щодо умов вирощування, властивостей ґрунтів, біологічної та ботанічної характеристики квасолі тощо. Основою для формування технології вирощування квасолі є, визначенням способу, строку та глибини виконання обробітку ґрунту, догляд за посівами, збирання врожаю, всі ці надбання свідчать про довготривалість вирощування цієї культури [326].

Ґрунт під квасоллю обробляють так само, як і під ярі зернові культури, з обов'язковим застосуванням зяблевої оранки. Навесні закривають вологу і до сівби проводять 2-3 культивації з боронуванням для знищення бур'янів і розпушування ґрунту. Після збирання озимої вики з житом на зелений корм відразу проводять оранку і боронування.

Проведення полицевого обробітку ґрунту (оранки) з повним обертанням скиби вважають найбільш доцільним для проведення в різних ґрунтово-кліматичних умовах України та навіть за кордоном [327, 328].

Практично всі науковці рекомендують проводити оранку на глибину від 25 до 30 см на ґрунтах середнього механічного складу, а на важких глинистих – до 40 см. до кінця осені при вирощуванні квасолі. За цих умов проведення зазначеного прийому створить покращення умов мінералізації органічної речовини, а низькі температури в зимовий період – поліпшують структуру ґрунту, до того ж такий прийом сприятиме затриманню снігу, що поліпшує умови вологонакопичення до весни [329]. Таку ж думку розділяють і іноземні науковці, адже оранка на більшу глибину знизить показники чисельності бур'янів у ґрунті, поліпшить мінералізацію рослинних решток попередника та покращить структуру ґрунту [330]. Дехто із вчених вказують про захід проведення оранки на глибину не глибше 30-35 см [331].

Саме глибина оранки є вирішальним показником для подальшого розвитку масивної та здорової кореневої системи. Але на глибину оранки впливають також і інші показники: ерозійність ґрунту, експозиція схилу поля, вплив вітрів, тощо, тому в таких випадках пропонують застосовувати альтернативні системи землеробства [332].

Глибина оранки в Україні залежить також від багатьох умов, скажімо у Лісостепові зоні, залежно від забур'яненості поля основний обробіток ґрунту під квасоллю проводять у вигляді зяблевої оранки на глибину 20-22 см, а на забур'янених площах до 25-27 см, в умовах Передкарпаття з оптимально сформованим фітоценозом квасоля звичайна може сформувати порівняно високі врожаї за рахунок раціональної площі живлення, яку встановлюють за обробітку ґрунту на глибину в межах 20-22 см, а на території Південного Степу нашої країни рекомендують таку ж саму глибину, але при чизелюванні, на темно-каштанових ґрунтах за умов краплинного зрошення [333, 334].

Для культивування квасолі в зоні Західного Лісостепу України за висновками Файфури Д. та Горуна М. склалися досить сприятливі умови вирощування. Слід вказати, що вирощування квасолі є далеко не основним напрямком діяльності фермерських господарств цього регіону, але висока конкуренція на ринках традиційної продукції заставляє здійснювати пошук

перспективних напрямків розвитку. Квасоля забезпечила високі показники урожайності на групі опідзолених ґрунтів – світло-сірих, сірих, і темносірих, а ґрунтовий покрив був представлений опідзоленими чорноземами; ґрунти з низьким (від 2 до 4% і дуже низьким до 2%) вмістом гумусу займають 98% орних земель; забезпеченість ґрунтів обмінними формами калію – середня, підвищена і висока; слабо кислу, середньо і сильно кислу реакцію мають 66% ґрунтів. Агрохімічні показники орного шару ґрунту дослідного поля характеризуються такими показниками: вміст гумусу 3,48-4,35%, забезпеченість азотом 13,16-19,48; рухомими формами фосфору 8-14 і обмінними формами калію 19,5-21,9 мг на 100 г ґрунту рН сольової витяжки складає 5,8-6,4, гідролітична кислотність 2,57-1,53 мг-екв. на 100 г ґрунту. Сума насичення основами – 77,8-86,8% [335].

Квасоля має стрижневе коріння, котре проникає в землі на глибину понад 100 сантиметрів. Відповідно, технологія її вирощування обов'язково повинна передбачати глибокий обробіток ґрунту на глибину до 40 см. Високу ефективність демонструє глибоке розпушування ґрунту з метою накопичення вологи під квасоллю. Не зайвим буде внесення органічних добрив, аби покращити волого утримуючі характеристики ґрунту.

Враховуючи потенційно високу рентабельність цієї культури, не варто заощаджувати на додаткових проходах культиваторів чи борін, якщо в тому є очевидна потреба. Ґрунт повинен бути добре розпушеним, а якомога більше бур'янів – знищеним механічним способом.

Для забезпечення найкращих умов росту та розвитку кореневої системи квасолі за рахунок створення оптимальних показників фізичних властивостей ґрунту є основним завданням при обробітку ґрунту. Щільність складення ґрунту для кожної культури має окремі характеристики, але в цілому воно залежить від механічного складу ґрунту, структури та вмісту у ґрунті органічних сполук. Оптимальне значення рівноважної щільності для ґрунтів середнього та важкого гранулометричного складу становить за даними літературних джерел в межах від 1,1 до 1,3, а для супіщаних і піщаних – від 1,3 до 1,5 г/см<sup>3</sup>. Як відомо, даний показник напряму пов'язаний з багатьма іншими властивостями ґрунту, які впливають на мікробіологічну діяльність ґрунтових організмів, що особливо важливо у бобових культур для процесу симбіотичної азотфіксації, накопиченню та випаровуванню вологи. Не менш важливим показником є пористість ґрунту, яка знаходилась у зворотній залежності від щільності складення та щільності твердої фази ґрунту. Це пов'язано з глибиною обробітку ґрунту, мінералогічним його складом, структурою, біологічною активністю, способом обробітку ґрунту. За даними літературних джерел найбільш сприятливі умови створюються для росту і розвитку рослин квасолі та в майбутньому для формування врожаю складаються за умови пористості ґрунту на рівні 55 до 60%, задовільні – від 50 до 55 та незадовільні умови – менше 50% [336, 337].

Формування продуктивності квасолі звичайної залежить, окрім технології вирощування, від ґрунтово-кліматичних умов. Вивчивши ґрунтово-кліматичні

умови даної території, де вирощується культура, можна пояснити ряд особливостей росту і розвитку та її потенційні можливості в даному регіоні.

Зона Лісостепу простягається із заходу на схід, займає центральну частину України і становить 34,6% території. В складі її земельного фонду 80% сільськогосподарські угіддя, в тому числі 66% рілля [338].

Лісостеп має значний відсоток орної землі, на якій вирощується широкий діапазон сільськогосподарських культур. Основними галузями тваринництва є м'ясо-молочне скотарство, свинарство та птахівництво, що вимагає добре розвинуеного рослинництва та кормовиробництва.

Згідно сучасної структури природно-сільськогосподарського та ґрунтового районування України зона Лісостепу поділяється на три провінції: Лісостеп західний, Лісостеп правобережний та Лісостеп лівобережний [339].

Лісостеп правобережний займає центральну частину Лісостепу і включає всю Вінницьку область, східну половину Хмельницької, південну – Житомирської та Київської, північну Одеської, північно-західну Кіровоградської та майже всю Черкаську область за винятком лівобережної смуги Дніпра.

Рельєф Лісостепу правобережного рівнинний, але трапляються хвилясті території. В західній частині провінції простягається Волино-Подільська височина, яка на схід поступово переходить у Дніпровські тераси. Внаслідок таких особливостей рельєфу, орні землі у Правобережному Лісостепу значною мірою зазнають водної ерозії. Ґрунотвірними породами виступають лес і лесовидні суглинки. Ґрунтові води на більшій частині провінції залягають на глибині 10-15 м, на терасах річок – 5-10 м, а в зниженнях – 2,5-3,0 м [340].

Ступінь родючості ґрунту в значній мірі залежить від механічного складу. В Лісостепу правобережному переважають суглинкові ґрунти: на півночі – легко- і середньо-, а на півдні – важко суглинкові. Ґрунтовий покрив порівняно однорідний. Найбільш поширеними є сірі опідзолені ґрунти та чорноземи. Сірі опідзолені ґрунти є малородючими. Вміст гумусу в них невисокий – 2,0-2,5% і зосереджений переважно в гумусово-елювіальному горизонті, тому запаси його невисокі – 150-200 т/га. Реакція ґрунтового розчину кисла рН<sub>сол</sub> 4,5-5,5, гідролітична кислотність висока – 2,5-4,0 мг-екв./100г, ступінь насиченості основами – 70-80%. Сума обмінних основ – 12-14 мг-екв./100 г ґрунту [341].

Дані ґрунти бідні легкодоступним азотом – 3,4-4,5 мг/100г, рухомих фосфором – 10-15 мг/100г, та обмінним калієм – 10-15 мг/100г. Вони безструктурні, запливають і утворюють кірку.

Чорноземи є високо родючими. Вміст гумусу в них 3-6%, реакція ґрунтового розчину нейтральна і близька до нейтральної, гідролітична кислотність низька – 1-13 мг-екв./100г ґрунту, ступінь насичення основами висока. Чорноземи мають вищий, ніж в сірих опідзолених ґрунтах вміст легко гідролізованого азоту, рухомого фосфору та обмінного калію. Водно-фізичні властивості більш сприятливі, тому забезпечують добру водопроникливість і вологоємність.

Попередньо під час основного обробітку ґрунту під квасоллю особливу увагу агровиборники приділяють очищенню поля від бур'янів, накопиченню та збереженню вологи, що прискорює мінералізацію рослинних решток та суттєво обмежує джерело первинної інфекції багатьох збудників бактеріальних та грибних хвороб.

Насіння – носій сорту. Для сівби використовують високо кондиційне добре відсортоване насіння із показниками схожості не нижче як 92–95%. Проти насінневої інфекції обов'язкове його протруєння різними біопрепаратами наприклад Агат 25-К, (40 г/т). У день сівби насіння квасолі обробляють одним із дозволених біопрепаратів-інокулянтів: Нітрагін (нітрофікс), (200 мл/80-100 кг), Ризобофіт, (0,3-3,0 л/80-100 кг) та іншими дозволеними препаратами. Інокуляцію можна поєднувати із обробленням насіння мікроелементами (молібденовокислий амоній, 0,4 кг/т, або молібдат натрію –1,2 л/т) та регуляторами росту рослин.

Сівба квасолі в оптимальні рядки: таким чином температура ґрунту на глибині загортання насіння має бути на рівні 12–14<sup>0</sup>С, це суттєво знижує ризики ураження проростків та молодих рослин бактеріальними хворобами, корневими гнилями. Сівба квасолі у непрогрітий ґрунт призводить до пліснявіння насіння, ураження проростків і сім'ядоль дрібною коричневою плямистістю, загибелі проростків. На полях пізніх рядків сівби рослини більш інтенсивно уражуються бурою та кутастою бактеріальною п'ятнистістю, антракнозом, мучнистою россою, вірусними хворобами.

Дотримання норми висіву та глибини загортання насіння у ґрунт. Зріджені посіви квасолі більш інтенсивно уражуються вірусними хворобами, а загущені – бактеріальними хворобами, корневими гнилями, антракнозом, білою та сірою гнилями. У разі глибокого загортання насіння зростає ураженість насіння пліснявінням, а проростків – корневими гнилями, фузаріозом.

Здоровий фітосанітарний стан посівів квасолі забезпечується застосуванням фунгіцидів. Проти грибних та бактеріальних хвороб посіви квасолі обприскують дозволеними біофунгіцидами Агат 25-К, (30 г/га), Фітоцид, (0,5-0,6 л/га). Обробку рослин можна поєднувати з позакорневим підживленням рослин баковою сумішшю одним із добрив, біопрепаратом Азотофіт, (500 мл/га) та одним із дозволених регуляторів росту рослин [342]. Деякі автори рекомендують проводити сівбу квасолі з використанням протруєнника фундазол (3 кг на 1 т насіння) або тигам 70% з. п. (3-4 кг/т) або ж чігареном 70% з.п. (1-2 кг/т). Також при сівбі квасолі використовують відсортоване однорідне за крупністю і кольором, очищене від домішок насіння, яке має схожість не менше 95% і чистоту 99% [ 343 ].

Потенційна насіннева продуктивність інтенсивних сортів квасолі значно залежить від просторового і кількісного розміщення рослин на одиниці площі, що зумовлено способом сівби та густотою рослин [344, 345] саме тому вважається важливим фактором технології вирощування, який впливає на підвищення індивідуальної зернової продуктивності [346].

При посіві квасолі практикують декілька схем висіву насіння, починаючи від класичного широкорядного, з міжряддями до 45 см, до стрічкового чи рядкового. Найчастіше застосовується широкорядний спосіб, за якого рослини зникають ряди. Норма висіву при цьому залежить від розмірів насіння – від 300 до 500 тисяч насінин на 1 гектар. Глибина загортання насіння становить 3-4 см, а при запізненні із сівбою – до 7 см. Серед вчених в Україні і за кордоном немає єдиної думки щодо оптимальної ширини міжрядь. Найчастіше це пов'язано з різними ґрунтово-кліматичними умовами, сортами, цілями на вирощування цієї культури. Для досягнення рівня врожайності близького до потенційних можливостей квасолі можна лише шляхом підбору оптимальної відстані міжряддя та густоти посівів. Від густоти рослин квасолі та площі їх живлення залежить кількість рослин, що вижили у посівах, висота рослин та розташування нижніх бобів, інтенсивності фотосинтезу, галуження, товщина стебла, стійкість до вилягання, утворення бобів, рівномірність дозрівання, кількість та вага насіння з рослини. Як правило, загушення посівів знижує продуктивність квасолі [347].

Практикують також посів квасолі у пізні строки, одночасно з кукурудзою або після неї, коли температура ґрунту досягне 12-14 °С. У південних районах оптимальний строк сівби припадає на кінець квітня або на початок травня, а в середній смузі та в південних районах лісостепової зони України – на другу декаду травня. Посів квасолі проводять разом із зерном кукурудзи в одне гніздо кидають 2-3 квасолини, проте така сівба квасолі досить працезатратна з невисокими показниками врожайності обох культур [348].

Здебільшого квасоллю в основних районах вирощування висівають широкорядним способом з міжряддями 45-60 см, залишаючи по 4-5 рослин у гнізді. У більш вологих лісостепових районах рекомендується висівати її з шириною міжряддя 45 см, а в посушливих районах ширину міжрядь збільшують до 60 см. У західному регіоні квасоллю сіють широкорядним способом з міжряддям 45 см. У Закарпатській області широко застосовують сумісні посіви квасолі з кукурудзою. Квасоллю підсівають після появи сходів кукурудзи. Зерно загортають біля гнізд кукурудзи на глибину 4-5 см по 2-3 в лунку, кущову – у кожний рядок кукурудзи, а витку – через 1-2 рядки.

Виткі, або ж сланкі сорти квасолі вирощують найчастіше з шириною міжрядь 70-80 см, а в рядку висівають по 3-4 насінини на відстані 40-50 см. Після появи сходів культури ґрунт навколо гнізд розпушують [349].

Низка авторів підтримує думку, що оптимальним способом сівби є широкорядний спосіб з міжряддям 45 см [350, 351, 352, 353]. Аналогічного висновку дійшов і Пархуць Б. І., за результатами досліджень в умовах західного Лісостепу було встановлено, що кращим способом сівби є широкорядний (з шириною міжрядь 30 см), порівняно із широкорядним способом (45 см) та вузькорядним способом сівби (15 см). У варіантах досліду, де висівали квасоллю з шириною міжрядь 30 см, було відзначено найбільшу кількість зерен на рослині 37,3 шт. і встановлено найвищу урожайність зерна – 2,77 т/га [354]. Проте є і автори, які віддають перевагу за результатами досліджень звичайному



рядковому (15 см) та дворядковому способам сівби із шириною міжрядь 45 см і між рядками стрічки – 15 см, для рослин квасолі звичайної, порівняно із широкорядним способом сівби (45 см). Проте згадані способи сівби можна застосовувати на полях, чистих від бур'янів, та за використання високоефективних гербіцидів [355, 356, 357].

Норма висіву квасолі залежить від крупності насіння і району вирощування. Для районів лісостепової зони при сівбі з міжряддям 45 см вона становить 400-450, а степової – 300 тис. насінин на 1 га. Орієнтовні норми висіву насіння в різних районах такі: дрібнонасінних сортів – 70-80, крупнонасінних – 100-150 кг/га і більше. У сумісних посівах норма висіву квасолі становить 30-40% норми висіву на чистих посівах.

Дискусії та проблематика стосовно норми висіву має тисячолітню історію. Вивченню цього питання присвячено велику кількість експериментальних і теоретичних робіт, проте єдиної думки серед дослідників про її величину чи навіть про значення у формуванні врожаю досі немає. Професор М. М. Кулешов [358] вважав, що збільшенням норми висіву можна досягти необхідного числа рослин на відповідній площі, але ним неможливо досягти повної сили рослин.

Урожай зменшується не лише через зріджені, але й через загущені сходи. У загущених посівах унаслідок недостатньої освітленості на початку стеблуння значна частина пагонів і цілих рослин відмирає, а в тих, що збереглися, сповільнюється розвиток, формується щупле зерно і як результат – зменшується врожайність. Збільшення норми висіву призводить до сильнішого ураження хворобами. У загущених посівах рослини витягуються, схильні до вилягання, більше пошкоджуються шкідниками. Різко зменшується активність фотосинтетичної діяльності рослин. Усі ці несприятливі чинники разом узяті, а також взаємне пригнічення рослин у процесі росту, зменшують загальну виживаність до моменту збирання, продуктивність окремих рослин і посівів у цілому. Необґрунтоване збільшення норм висіву зменшує реалізацію потенціальної продуктивності рослин. Формуються нерівномірні за густотою стояння посіви: або загущені, або зріджені в місцях випадання рослин. При цьому, чим вища норма висіву, тим гірша рівномірність стояння рослин. За зріджених сходів урожайність зменшується внаслідок неповного використання площі живлення і більшої забур'яненості посівів [359, 360].

Отже, підсумовуючи можна відмітити, що процеси вирощування квасолі на території нашої країни, в країнах СНД або в Європі практично не відрізняються один від одного. Зрозуміло, кліматичні умови впливають на підхід до посіву і догляду за рослинами. Для високої врожайності цієї овочевої культури в різних регіонах виробникам насамперед потрібно визначитися з сортом квасолі та дотриманням усіх технологічних процісів у період росту та розвитку рослин квасолі.

### 3.3. Мікродобрива та бактеріальні препарати у підвищенні продуктивності квасолі

Світова фінансова криза, яка призвела в Україні до загострення економічної та енергетичної, особливо в аграрному секторі економіки, заставляє шукати нові можливості її подолання, спонукає до пошуку альтернативних шляхів підвищення врожайності сільськогосподарських культур, який полягає у реалізація генетичного потенціалу рослин за рахунок використання біопрепаратів, стимуляторів та регуляторів росту мікродобрив тощо. Вплив регуляторів росту на рослину з позитивної сторони проявляється в інтенсифікації фізіологічних процесів у рослин, підвищеній стійкості їх до несприятливих умов довкілля і підвищення чутливості до інокуляції ризобіями [361, 362].

На тлі загального тренду зменшення рівня прибутковості агропідприємств і посилення ризиків через глобальні кліматичні зміни, головною задачею будь-якого господарства є пошук рішень, ефективних у сучасних умовах. Одним з таких рішень у вирощуванні бобових культур є застосування інокулянтів, адже це дозволяє підвищити урожайність, мінімізувати ризики та оптимізувати витрати. На ринку пропонують чимало інокулянтів із різними характеристиками. До речі, важливість інокулянтів у технології вирощування бобових не можна недооцінювати. І хоч деякі аграрії вважають, що немає потреби проводити щорічно інокуляцію, особливо якщо був сприятливий попередник, фахівці зауважують, що від даного технологічного прийому відмовлятися не можна. Навіть коли такого різноманіття інокулянтів, як сьогодні, не було, агровиробники шукали вихід. Сьогодні вдаватися до таких засобів вже не потрібно, адже вибір якісних інокулянтів достатній для закриття потреб агровиробників.

Дія інокулянтів відбувається наступним чином. Після сівби інокульованого насіння бульбочкові бактерії (ризобії) проникають у кореневі волоски рослини, викликаючи інтенсивне ділення її клітин, що призводить до появи бульбочок. У бульбочках бактерії перетворюються на більш великі за розміром (у 3-5 разів) клітини неправильної форми – бактероїди. Саме у бактероїдах локалізується ферментний азотфіксуючий комплекс – нітрогіназа, яка відповідає за фіксацію атмосферного азоту.

Не варто забувати, що інтенсивний механічний обробіток ґрунту, застосування гербіцидів, необґрунтоване внесення мінеральних азотних добрив, дефіцит опадів постійно призводить до загибелі бактерій та пригнічення природної азотфісації. Усі бобові рослини мають здатність формувати симбіотичні відносини з бульбочковими бактеріями, при цьому кожен вид культур має спорідненість до певних видів бактерій. Наприклад, для гороху – це бульбочкові бактерії *Rhizobium leguminosarum*, сої – *Bradyrhizobium japonicum*, нуту – *Mesorhizobium ciceri*. При цьому бульбочкові бактерії можуть бути комплементарно перехресними – наприклад, *Rhizobium leguminosarum* теж

спрацюють на сочевиці, виці, бобах. Отже, науковці можуть варіювати, шукаючи ідеальну формулу для кожного препарату.

Другий важливий момент, який потрібно врахувати при використанні біоінокулянтів – це швидкість росту різних бульбочкових бактерій. До швидкоростучих відносяться бульбочкові бактерії гороху, конюшини, люцерни, кормових бобів, вики, сочевиці, чини, буркуну, квасолі, нуту; до повільноростучих – бульбочкові бактерії люпину, сої, арахісу. Від швидкості росту бактерій, їх розмноження залежать терміни приготування готових препаратів. Мікробіологи, біотехнологи мають чітко знати, скільки часу потрібно для отримання найбільшої концентрації бактерій. Це дуже важливо, бо концентрація бактерій в 1 мл препарату (титр) впливає на утворення симбіозу. Дослідженнями встановлено, що для успішного симбіозу вистачає 0,5-1 млрд бактерій. Але більша концентрація клітин потрібна і для тривалого зберігання та транспортування препаратів. Для отримання максимального ефекту від використання інокулянтів, необхідно суворо дотримуватись рекомендацій щодо їх застосування та зберігання. Робочий розчин треба готувати в день обробки, при необхідності зберігати в прохолодному темному місці не більше 4-х годин. Обробку насіння проводити у затінку, уникаючи дії прямих сонячних променів. Рекомендована доза при обробці насіння сої – близько 2 л/т, залежно від механізму обробки та щільності поверхні насінини, яка різниться у бобів різних сільськогосподарських культур, а при внесенні аплікатором – 0,2-0,3 л/т. Застосовують препарати при оптимальній температурі ґрунту на глибині висіву, температура варіюється в залежності від виду бобових. Оброблене насіння просушують в затіненому місці, зберігають в захищеному від ультрафіолету приміщенні; при транспортуванні вкривають чорною плівкою чи агроволокном [363].

Багаторічна практика та значний досвід використання препаратів на основі цих мікроорганізмів неодноразово доводить, що кращим способом використання цих препаратів є передпосівна інокуляція насіння. Встановлено, що в природних умовах бобові рослини, без проведення додаткових заходів використовують лише 10-30 % свого азотфіксувального потенціалу. Інокуляція насіння підвищує цю здатність до 15-50 % (на 40-60 %), а решта резерву може бути використана за оптимізації умов функціонування симбіозу [178, 364, 356].

Всім відомо, щоб рослини росли і впевнено розвивалися протягом вегетаційного періоду, їх потрібно удобрювати. Ми звикли до того, що основними добривами були азот, фосфор і калій, саме без них неможливі будівельні та енергетичні процеси в рослинах. Але, як виявилось згодом, існує величезна кількість хімічних елементів, які фактично присутні у всіх живих організмах в дуже мізерних кількостях, проте без них неможливий ріст і повноцінний розвиток рослин. Такі речовини називаються мікроелементами. Вони можуть бути металами – залізо, мідь, цинк, молібден, марганець і т.д., неметалами – бор і галогенами – йод.

Дослідники давно встановили, що ґрунт на 98-99% складається всього з восьми хімічних елементів. Це кремній, алюміній, кальцій, калій, натрій, залізо,

магній і кисень. Значить на частку інших речовин припадає менше 2%, включаючи нерозчинні і важкорозчинні форми. Тому частину мікроелементів ми змушені вносити у вигляді добрив. Ось, власне, добрива з мікроелементами і називаються мікродобривами [366].

За формою препарату інокулянти бувають – рідкі, сухі та гелеподібні. Рідкі препарати забезпечують максимально рівномірне нанесення азотоутворюючих бактерій на поверхню насіння, що на першому етапі дозволяє після посіву розпочати більш активне вживлення на корінні у порівнянні із сухими препаратами. Разом з тим, у випадку зниження температури після посіву, бактерії опиняються в менш сприятливих умовах у порівнянні з торф'яним бактеріальним середовищем. Перевага рідких препаратів – у зручності їх нанесення на насіння. З метою зниження пригнічуваного впливу препаратів на бактерії інокулянта, обробку насіння розтягують в часі – на початку обробляють протруйниками, а перед сівбою проводять інокуляцію. Також варто зазначити, що деякими рідкими інокулянтами можна обробляти насіння за 90 днів до сівби.

Сухі препарати. Основний носій – торф. Торф забезпечує життєздатність азотфіксуючих бактерій. Ефективність торфу у порівнянні з рідкими інокулянтами пояснюється тим, що він є природним ефективним середовищем для азотфіксуючих бактерій. Час від моменту внесення до «вживлення» в кореневу систему рослин у нього більший, ніж у рідкого препарату, та згодом він наздоганяє і часто переганяє в ефективності утворення бульбочок. Гелеподібні препарати не містять у собі азотфіксуючих бактерій та використовуються в складі інокулянтів як прилипачі – стабілізатори, які дозволяють обробляти насіння за 30 і більше днів до сівби. Номенклатура інокулянтів, які пропонуються, доволі розширена і зупинити вибір на якомусь із них не так-то й просто, у будь-якому разі потрібно уважно ознайомитися з якісними показниками препаратів, якщо вже за формою вибір зроблено виходячи з можливості способу обробки насіння [367].

Встановлено позитивний вплив інокуляції насіння та мінеральних добрив на ріст, розвиток та зернову продуктивність рослин сочевиці. Елементи інтенсифікації технологій вирощування мали позитивний вплив на такі елементи структури урожаю, як кількість бобів на одній рослині, маса зерен з однієї рослини та маса 1000 зерен. Внесення мінеральних добрив та передпосівної інокуляції бактеріальними препаратами (Ризогумін і Поліміксобактерин) – дієвий фактор зростання урожайності при поєднанні цих операцій. Так, приріст урожайності зерна сочевиці від інокуляції склав – 38,4 %; від мінеральних добрив – 28,9 %; поєднанні інокуляції і мінеральних добрив – 52,1 % в середньому [368].

Препарати на основі бульбочкових бактерій під різними торговими назвами виготовляють і широко застосовують у рослинництві багатьох країн: у США – нітрагін і даблноктин, у Мексиці – нітрагін і парадор, в Уругваї – нітросоїл і нітрум, у Новій Зеландії – ризокоут, в Австралії – нодолейт і нітроджерм, в Угорщині – ризонітторфе, в Росії – ризоторфін.

В Україні нині виробляються бактеріальні препарати для бобових культур на основі високоефективних симбіотрофних азотфіксувальних бактерій під торговими марками нітрагін (нітрофікс), ризобофіт, ризогумін та ін. їх використовують для підвищення азотонакопичувальної здатності бобових рослин. До складу препаратів входять бульбочкові бактерії ризобіум, що живуть у симбіозі з бобовими культурами. Поглинаючи вуглеводи, що надходять з листків до кореневої системи, бульбочкові бактерії фіксують молекулярний азот з повітря, який надалі засвоюється бобовими та іншими рослинами, що після них вирощують. Для кожного виду бобових характерні свої групи бактерій, які утворюють бульбочки. Тому ризобофіт використовують для оброблення насіння лише тієї культури, назву якої зазначено на етикетці препарату. Так, ризобофіт виготовляють для оброблення насіння гороху, вики, сої, бобів, люпину, квасолі, конюшини, люцерни та інших бобових культур. Крім специфічності, раси бульбочкових бактерій різняться за вірулентністю та активністю. Вірулентність – здатність бульбочкових бактерій проникати через кореневі волоски в корінь бобової рослини й утворювати бульбочки. Активністю бульбочкових бактерій називають їх здатність до засвоєння азоту атмосфери. Лише активні штами цих бактерій забезпечують бобові рослини азотом. Не активні ж – пригнічують рослину-хазяїна. У разі зараження коренів вірулентними, але неактивними бульбочковими бактеріями, бульбочки утворюються, але фіксація азоту не відбувається. Бульбочкові бактерії, які використовуються для виготовлення бактеріальних препаратів, можуть бути високоактивними і виявляти значну вірулентність. Якщо вірулентність бульбочкових бактерій препарату вища за вірулентність менш активних бактерій, які знаходяться в ґрунті, то бульбочкові бактерії препарату проникають у корінь швидше і в більшій кількості.

Однією з основних вимог до передпосівного оброблення насіння біопрепаратами є забезпечення рівномірного їх розподілу по кожній насінині, а також максимальне скорочення часу від оброблення до висівання насіння в ґрунт. Інокуляцію проводять в день сівби або напередодні. Традиційна технологія інокуляції подібна до протруюювання насіння вологим способом: насіння обробляють водною суспензією препарату. Суспензію готують з розрахунку на відповідну масу насіння і без відстоювання перемішують з ним вручну або механічним способом [369].

Застосування мікробних препаратів у технологіях вирощування сільськогосподарських культур, зокрема і квасолі, сприяє оптимізації живлення та забезпечує їхній захист від патогенної мікрофлори, що дозволяє значною мірою реалізувати потенціал аграрного виробництва. Насамперед, слід особливо підкреслити, що інтродуковані мікроорганізми, прижившись у ризосфері інокульованих рослин, здатні зв'язувати азот з повітря і забезпечувати ним рослину-господаря. У бобових рослин при добре сформованому симбіозі живлення цим елементом майже на 100 % відбувається за рахунок життєдіяльності азотфіксувальних мікроорганізмів [370, 371, 372].

Всі складові елементи структури врожаю, а це кількість бобів на рослині та кількість насінин у бобі, маса 1000 насінин та маса насіння з рослини, також кількість рослин на одиниці площі впливають на формування рівня насінневої продуктивності зернобобових культур протягом їх вегетації а урожайність являється інтегруючим показником цього набору факторів.

За багатьох висновками науковців, інокуляція насіння штамми бактерій активізує симбіотичну діяльність бульбочкових бактерій та підвищує продуктивність, мінеральні добрива підсилюють темпи росту рослин, позитивно впливають на морфозміни органів рослин, змінюють габітус рослин протягом усієї вегетації рослин [373, 374]. У дослідженнях спрямованих на визначення впливу передпосівної обробки насіння кvasолі мікробними препаратами виявлено, що серед усіх структурних елементів врожаю кvasолі звичайної підвищення врожайності насіння до 25 % відбувалося за рахунок збільшення кількості бобів на рослині. Доведено, що передпосівна обробка насіння активізує симбіотичну діяльність бульбочкових бактерій, що впливає на урожайність гороху. Рівень зернової продуктивності зернобобових культур, визначається комбінацією параметрів структури врожаю, основними з яких є кількість рослин на одиниці площі, кількість бобів на рослині, кількість насінин у бобі, маса 1000 насінин, маса насіння з рослини та інші [375, 376].

В умовах Південного Степу України застосування для передпосівної обробки насіння препаратів АКМ (0,3 л/т) і Ризобофит (0,5 л/т) забезпечує формування найвищих показників індивідуальної продуктивності рослин зернобобових культур [377].

Про доцільність проведення інокуляції насіння повідомляють і інші науковці. Зазначено, що найкращі умови для формування врожайності кvasолі забезпечили варіанти технології вирощування культури, які передбачали сівбу насіння сорту Мавка, інокульованого штамом бульбочкових бактерій, внесення мінеральних добрив у дозах  $N_{60}P_{60}K_{60}$  або ж внесення  $N_{30}P_{30}K_{30}$  у поєднанні з позакореневим підживленням рослин препаратами Еколист макро рК-1 на IV етапі органогенезу та Еколист макро 35+Mg або  $N_{15}$  на VIII етапі органогенезу. Поєднання таких елементів технології вирощування забезпечує отримання врожаю культури на рівні 2,35-2,45 т/га [378]. Обробка насіння кvasолі сорту Надія біопрепаратом Ризобофит на основі штаму азотфіксувальних бактерій *Rhizobium phaseoli* ФК-6 сприяла прибавці показників урожайності на 0,09 т/га або 5 %, сорту Буковинка – на 0,18 т/га або 10 % [379].

В дослідженнях відокремленого підрозділу Національного університету біоресурсів і природокористування України «Мукачівський фаховий коледж» у Закарпатській області встановлено, що внесення високих норм мінеральних (особливо азотних) добрив від  $N_{90}P_{60}K_{30}$  та  $N_{120}P_{80}K_{40}$  нівелює вплив інокуляції на формування площі листового апарату посівів кvasолі та вміст пігментів у листках [380]. На дерново-підзолистих важкосуглинкових ґрунтах Закарпаття за поєднання інокуляції насіння ризобофітом (200 г/га) та мінеральних добрив в нормі  $N_{60}P_{40}K_{20}$  середньостиглі сорти Перлина та Мавка формують врожайність вище 2,5 т/га. Сорт Надія характеризувався вищою кількістю білка в зерні,

вміст якого в середньому за роки проведення досліджень варіював в межах 24,9-27,4 %. Позитивно проявила себе й інокуляція насіння. В результаті проведених досліджень виявлено, що інокуляція насіння кvasолі ризобіофітом (200 г/га) забезпечила приріст врожайності зерна від 1,3 до 16,3 % залежно від сорту та норми внесення мінеральних добрив. Відмічено, що чим вищою була норма внесення добрив, тим нижчим був відсоток приросту врожайності кvasолі за рахунок інокуляції [381].

Автори Кириченко А. М. та Коваленко О. Г., стверджують про взаємозв'язок інокуляції зі збудниками хвороб, зокрема поширення звичайної мозаїки на рослинах кvasолі. Обробіток насіння кvasолі бактеріальними препаратами або їх комплексом не тільки покращує азотне живлення а й покращує імунітет рослин до ряду грибкових та вірусних захворювань. Головним завданням передпосівної обробки насіння такими препаратами – це забезпечення рівномірного розподілу біопрепарату по масі насіння [382].

Дослідження по вивченню впливу біопрепаратів на схожість та енергію проростання насіння кvasолі показало позитивний ефект при обробці насіння різними за механізмом впливу препаратами антигіберелінової дії Хлормекват-хлоридом (0,25%), Фолікулом (0,5%) та Есфоном (0,2%). У процесі досліджень було визначено лабораторну схожість насіння та енергію його проростання, суху масу проростків та коренів, а також низку морфометичних показників: довжину гіпокотеля, довжину головного кореня, кількість бічних коренів. Встановлено, що препарати антигіберелінового впливу викликають істотні зміни у морфогенезі проростків насіння кvasолі. Відмічено, що всі три препарати підвищують силу росту гіпокотеля та сприяють інтенсивному формуванню бічних коренів у проростків. Найефективніше використовувати препарати Есфон (0,2%) та Фолікул (0,5%). Встановлено, що передпосівна обробка насіння кvasолі препаратами інгібіторної дії Есфон (0,2%) та Хлормекват-хлорид (0,25%) викликає підвищення схожості насіння на 27% та 13% [383].

Таким чином, застосування інокуляювання насіння кvasолі бактеріями та мікродобривами перед посівом суттєво впливає на ріст і розвиток культурних рослин, а в подальшому підвищується продуктивність кvasолі.

### **3.4. Особливості удобрення кvasолі**

Добрива – це потужний фактор впливу на ріст, розвиток та формування продуктивності усіх сільськогосподарських культур. Встановлено, що частка участі мінеральних добрив в урожаї кvasолі залежить від зони вирощування, погодних умов, попередника, забезпеченості поживними речовинами і становить 30-40 % [384]. Наприклад в умовах Правобережного Лісостепу, один з найбільш вагомих факторів, що здійснюють вплив на формування урожаю кvasолі теж має фактор удобрення. За даними провідних науковців Камінського В. Ф. та Заболотного Г. М., даний показник становить 15,8 % [385], а за даними Дудчак Т. В., частка впливу норм мінеральних добрив становила на рівні 22%,

крім того найкращими варіантами було відмічено ділянки, де норми мінеральних добрив становили на рівні  $N_{30}P_{30}K_{45}$  [386].

Квасоля із всіх зернобобових найбільш вимоглива до умов живлення. Прикметним у системі живлення квасолі є те, що вона за допомогою бульбочкових бактерій здатна накопичувати та фіксувати азот повітря, а інші поживні речовини з ґрунту. Ця особливість дозволяє квасолі навіть відмовитися від застосування органічних і мінеральних добрив. Звідси і виникає на різних етапах росту і розвитку рослини різна потреба в елементах живлення та співвідношенні поживних речовин [387, 388].

Квасоля потребує інтенсивного удобрення у зв'язку з нетривалим періодом живлення. Найбільш вибаглива вона до вмісту в ґрунті калію і кальцію. Під спаржеві сорти квасолі потрібно вносити гній (10-15 т/га під зяблеву оранку). Для вирощування на зерно рекомендується вносити фосфорно-калійні добрива (40-60 кг/га діючої речовини), які значно підвищують урожайність, прискорюють досягання, а також посилюють стійкість рослин проти хвороб. Кращим калійним добривом для квасолі є сульфат калію. На легких опідзолених ґрунтах за 2-3 роки до сівби рекомендується вносити 1,5-2 т/га розмеленого вапняку.

Якщо квасолю висівають після зернових, на пісних ґрунтах ефективно передпосівне внесення азотних добрив ( $N_{20-30}$ ). При застосуванні мінеральних добрив і екограну істотно збільшується площа листової поверхні сортів квасолі звичайної. За висновками досліджень Чинчика О. С., свого максимуму площа асиміляційної поверхні досягає в кінці цвітіння при внесенні  $N_{30}P_{60}K_{60}$ , Кристальну і 0,3 т/га Екограну – 36,1-38,7 тис.  $m^2/га$ . Найінтенсивніше впродовж періоду вегетації суху речовину нагромаджували посіви сорту Буковинка при цій же схемі удобрення – 6,36 т/га. Чиста продуктивність фотосинтезу по фазах вегетації відрізнялася, досягаючи максимуму за період від «третього трійчастого листка до початку цвітіння». Максимальний показник фотосинтетичного потенціалу забезпечили посіви сорту Буковинка – 1,69 млн.  $m^2$  дн./га [389].

Внесення мінеральних добрив на даний час є дорого вартісним заходом у технології вирощування цієї культури, при їх використанні збільшуються витрати на вирощування і собівартість, тому багато хто звертає увагу на інокуляцію насіння активними штамми азотфіксуючих бульбочкових бактерій, що дозволяє знизити кошторис технології за умов збереження рівня врожаю зерна та його якості [390, 391.]. Взагалі квасоля порівняно небагато виносить з ґрунту азоту, як попередник, рано звільняє поле, поліпшує структуру ґрунту, сприяє підвищенню його мікробіологічної активності. Вона добре реагує на післядію добрив, внесених під попередник. Проте вона забезпечує високу врожайність після внесення невеликих доз гною під основний обробіток ґрунту, дуже позитивно впливають на неї фосфорно-калійні добрива – по 50-60 кг діючої речовини на гектар, а під передпосівну культивування 20-25 кг д.р./га азотних добрив.



Багато аграріїв та науковців рекомендують та вказують, що для квасолі найкраще добрива вносити під попередник. Вона, маючи розвинений стрижневий корінь, може використовувати з ґрунту важко доступні форми фосфору і калію. Під попередник вносять азоту близько 100 кг/га, 60-80 кг/га фосфору і 60-80 кг/га калію.

Безпосередньо під культуру рекомендують вносити стартові добрива під час сівби: 15-20 кг/га фосфору, 20-25 кг/га калію і 10 кг/га азоту в діючій речовині.

Нижній ярус бобів у квасолі розміщений доволі низько і для того, щоб жатка їх змогла збирати, «піднімають» боби, використовуючи біостимулятори. Також застосовують амінокислоти, гумінові кислоти. Бо квасоля до використання пестицидів і добрив досить чутлива культура, а ці препарати пом'якшують їхню негативну дію [392].

При розрахунку норми добрив під посіви квасолі, дослідники рекомендують обов'язково враховувати результати агрохімічного дослідження ґрунтів, під конкретний тип ґрунту із врахуванням попередника та післядію добрив, активність азотфіксації та потребу рослин у елементах живлення за фазами розвитку. Кожен кілограм діючої речовини азотно-фосфорних добрив, залежно від норми та проведеної інокуляції насіння забезпечує приріст урожаю зерна квасолі від 1,5 до 4,5 кг [393].

За повідомленнями авторів літературних джерел, високу урожайність зернобобових отримують на ґрунтах, які характеризуються близькою до нейтральної реакцією ґрунтового розчину (рН 6,5) та багаті на органічні та мінеральні речовини [394]. Разом із тим відомо, що різні реакції ґрунтового середовища, по-різному впливають на ростові процеси рослин. При підвищеній концентрації іонів водню, підвищується вміст рухомих форм алюмінію, марганцю, а інколи й заліза, які зазвичай токсично впливають на рослину. Створення фізіологічної рівноваги для росту квасолі є необхідністю для живлення рослин [395].

Найліпше рослина реагує на внесені добрива, якщо в ґрунті існує фізіологічна рівновага. Від цього залежить і кількість та якість урожаю. Тому обов'язково потрібно дотримуватися технології вирощування культури та зважати на головний чинник її – удобрення [396]. Квасоля, як і будь-яка інша культура за фазами росту і розвитку нерівномірно засвоює елементи живлення, як і їх потребує. Більш інтенсивний розвиток вегетативної маси рослин квасолі, потребує вимагає вищої потреби добрив, це насамперед пов'язано із формуванням додаткових бобів на рослині, зростанням чисельності квіток, кращою виповненістю бобу у фазі повної стиглості тощо [397]. Особливості мінерального живлення зернобобових культур обумовлені їх специфічними біологічними властивостями, такими як відносно слабка реакція на фактори інтенсифікації і в першу чергу, на підвищенні норми мінеральних добрив. Ряд науковців доводять, що зернобобові культури менше відзиваються на покращення поживного режиму ґрунту порівняно з іншими культурами, але за продуктивністю практично не поступаються останнім, хоча маса зерна в

загальному біологічному врожаї буває низькою і нестабільною залежно від року [ 398, 399, 400].

Внесення мінеральних добрив особливо на бідних та виснажених ґрунтах, є головним фактором підвищення врожаю та якості зерна квасолі звичайної [401, 402]. Внесення мінеральних добрив локально  $P_{30}K_{30}$  + інокуляція насіння Ризобофітом сприяло збільшенню урожайності зерна квасолі на 1,51 т/га або на 45,3% відносно контролю, що перевищує урожайність за використання рекомендованого внесення добрив  $N_{60}P_{60}K_{60}$  [403, 404, 405]. Удобрення квасолі фахівці радять здійснювати під час сівби комплексними добривами нормою 150-200 кг/га, доповнюючи їх підживленнями під час вегетації. При цьому вони наголошують на неприпустимості перевищення норми азоту: за надмірної кількості цього елемента бульбочкові бактерії не розвиваються. Крім того, останні не розвиваються в посуху або, навпаки, в умовах рясних злив [ 406].

Квасоллю можна назвати калієфільною культурою, однак так само гостро вона потребує доступних форм азоту та фосфору. Калійні добрива краще вносити з осені, краще у складі NPK із підвищеним вмістом останнього елемента. Азотні та фосфорні добрива вносять під передпосівний обробіток, а також у якості припосівного живлення у помірній кількості.

Квасоля завдяки симбіозу із бульбочковими бактеріями володіє здатністю фіксації атмосферного азоту в ґрунті. Тому насіння краще обробити інокулянтами, або ж використовувати рідкі інокулянти для внесення в лунку під час висіву. Тим не менш, всупереч доволі поширеній думці про те, що азотні добрива під бобові культури нібито не потрібні, це далєбі не так. Певна кількість азотних добрив (30-40 д.р.) повинна бути внесена під час передпосівного обробітку, а ще частина – у якості припосівного стартового живлення у безпосередній близькості від насінини. Оптимально використовувати для цього легкорозчинні азотно-фосфорні добрива.

Окрім макроелементів посіви квасолі повинні бути забезпечені достатньої кількістю доступних сірки, магнію, марганцю, молібдену та цинку. Потрібно також контролювати вміст у ґрунті кальцію [407].

Суттєвим резервом підвищення урожайності квасолі є застосування ряду мікроелементів, до яких належать мідь, сірка, бор, цинк, молібден, марганець, кобальт та ін. Проте не завжди відмічають позитивний ефект від обробки насіння квасолі мікроелементами, наприклад при вирощуванні її на чорноземних звичайних ґрунтах не завжди застосування мікроелементів давало позитивний результат, впливали на це ряд факторів, які пов'язані із культивуванням квасолі [408].

Результати дослідження в умовах Передкарпаття на дерново-підзолистих поверхнево оглеєних ґрунтах показали, що сорт квасолі Мавка по адаптації до місцевих умов дає високий урожай за рахунок поєднання агротехнічних заходів вирощування. Вирощування квасолі звичайної на варіантах досліду без внесення мінеральних добрив забезпечило формування мінімальної кількості бобів на рослині. Підвищення дози внесення мінеральних добрив сприяло збільшенню кількості бобів. Максимальна кількість бобів формувалася за

внесення  $N_{30}P_{60}K_{60}$  – 13,6 шт/рослина. Спосіб сівби квасолі звичайної вплинув на кількість бобів на рослині. Менш сприятливі умови для формування бобів були за вирощування культури з шириною міжряддя 45 см, що склало в середньому по досліді, 9,5 шт/рослина. Зменшення ширини міжряддя призводило до зміни площі живлення та зменшення кількості рослин в рядку. Так, за ширини міжряддя 30 см кількість бобів збільшилася до 10,3 шт/рослина. Максимальна кількість бобів формувалася за сівби звичайним рядковим способом з міжряддям 15 см, що склало в середньому 12 шт/рослина. Досліджувані дози мінеральних добрив по-різному вплинули на формування зерен на рослинах. Найменша їх кількість була на контрольних варіантах, де мінеральні добрива не вносили – 29 - 35 шт/рослина. Підвищення дози внесення добрив до  $N_{30}P_{60}K_{60}$  покращило умови росту та розвитку рослин квасолі, сприяло зростанню кількості сформованих на рослині бобів до 58 шт/рослина. Встановлено, що внесення фосфорно – калійних добрив дозою 60 кг/га діючої речовини забезпечило зростання врожаю зерна квасолі звичайної на 0,5-0,6 т/га. При внесенні повного комплексу мінеральних добрив зростання приросту врожаю зерна порівняно із неудобрюваними варіантами становив 0,5-0,9 т/га.

Вивчення питання щодо впливу прийомів вирощування на урожайність, у середньому за два роки досліджень, показало, що найкращою виявилась доза  $N_{30}P_{60}K_{60}$  за оранки 20-22 см. За таких прийомів вирощування одержано найвищу врожайність зерна квасолі – 2,77 т/га, що на 1,01 т/га більше від контролю. У 2009 році урожайність у вказаному варіанті становила 2,86 т/га, і 2008 році – 2,70 т/га. Збільшення дози азоту лише на 30 кг/га діючої речовини ( $N_{60}P_{60}K_{60}$ ) забезпечило меншу урожайність – 2,72 т/га, а без внесення азотних добрив у варіанті лише з фосфорними і калійними добривами в дозі  $P_{60}K_{60}$  – 2,32 т/га. Найменша середня урожайність 1,76 т/га одержана на контролі за оранки на 14-16 см при внесенні фосфорних і калійних добрив в дозі  $P_{60}K_{60}$ . Було встановлено, що оптимальною дозою добрив є  $N_{30}P_{60}K_{60}$  в поєднанні з оранкою на глибину 20-22 см, вирощування квасолі у цьому випадку забезпечує урожай зерна вартістю 7910 грн./га, за виробничих витрат 3154 грн./га та собівартості 1154 грн./т і дає змогу отримати максимальний прибуток – 4756 грн./га за рентабельності 151% [409].

При вирощуванні квасолі, розрахунок дози добрив під неї повинен ґрунтуватися на біохімічному аналізі з визначенням вмісту поживних речовин в ґрунті, але не повинна бути меншою за винос елементів живлення. В умовах Польщі доза мінеральних добрив складає межах 80-120 –  $K_2O$ , 60-80 –  $P_2O_5$ , 15-20 кг/га  $MgO$ . Квасоля не пред'являє особливих вимог до азотного живлення тому, що завдяки симбіотичній азотфіксації засвоює біля 30 кг/га азоту [410]. За даними інших польських колег перед початком вирощування квасолі в Польщі рекомендується вносити гній з розрахунку 10-20 т/га. Азотні добрива вносять в кількості 30-40 кг/га діючої речовини перед сівбою [411].

В Китаї для вирощування розсади чорної квасолі застосовують сульфат амонію дозою 5-10 кг/га. В фазу цвітіння вносять 5,0-7,5 кг марганцю, 5,0-7,5

аміаку, 7,5-10 сульфату лейцину. При краплинному зрошенні квасолі в Грузії вносять від 70 до 100 фунтів азоту на акр [412].

В умовах Таджикистану врожайність зерна післяживної *Phaseolus Aureus* P. варіювала від 1,36 (без добрив) до 2,44 т/га в оптимальних аріантах. Ризоторфін забезпечив прибавку врожаю на рівні 0,29 т/га по відношенню до контролю. Достовірно високий урожай зерна був досягнутий при внесенні  $P_{60}K_{60} + B1Mo$  – 2,53 т/га і 15 т гною +  $B1Mo$  на фоні Ризоторфіну – 2,44 т/га з приростом врожаю проти контролю на 1,17 і 1,08 т/га відповідно [413].

Проведений огляд літературних джерел з питань оптимальних умов живлення квасолі звичайної свідчить, що у вчених відсутня єдина думка, а рекомендовані дози добрив знаходяться в широких межах.

### **3.5. Боротьба з бур'янами, захист від шкідників та хвороб в агроценозах квасолі**

Крім удобрення, догляд за посівами квасолі включає і захист від шкідників, хвороб та бур'янів. Саме бур'яни є однією із головних перешкод при вирощуванні квасолі, у посівах можна зустріти практично весь спектр бур'янів, які поширені та відомі в Україні [414, 415, 416].

До бур'янів відносять дикорослі трав'янисті рослини, що паразитують на культурних посівах і знижують врожайність садових, городніх і сільськогосподарських культур. Проте досить часто засмічувачами можуть бути і культурні рослини, скажімо, озимий ячмінь в посівах озимого жита і т. д. Дикоросла флора України налічує понад 3500 видів рослин, з яких близько 700 можуть траплятися як бур'яни в посівах сільськогосподарських культур, садах, плодорозсадниках, полезахисних смугах, на пасовищах, узбіччях доріг, вигонах [417, 418].

За повідомленнями багатьох авторів втрати від присутності бур'янів, можуть іноді досягати у світовому землеробстві понад 14,5% вартості зібраного врожаю. Крім того вони виснажують їх і спричиняють загибель культурних рослин, знижують якісні показники врожаю, у зернобобових – вміст білка, деякі бур'яни мають неприємний смак і запах, а їх насіння отруйне. В цілому, забур'яненість посівів різко знижує продуктивність сільськогосподарських машин і знарядь та збільшує фінансові затрати на виробництво продукції. Загалом бур'яни знижують ефективність внесених добрив, нівелюють зрошення та інші меліоративні заходи, що спрямованих на підвищення врожайності сільськогосподарських культур [419].

На початкових періодах свого росту і розвитку культурні рослини, особливо квасоля не здатні повністю освоїти вільний простір, який відведено для майбутнього формування посівів, тому з'являються бур'яни та блокують надходження сонячної радіації, повітря та вологи до проростків квасолі. Фактори життя квасолі, наприклад сонячна радіація є одною з найважливіших умов існування рослин, саме вона забезпечує їх енергією, яку рослини у процесі фотосинтезу використовують для створення органічних речовин. Світло

впливає на процеси росту, на хімічний склад і якість продукції, на розвиток рослин, формування врожаю, тривалість вегетації, та на посухостійкість, зимостійкість, стійкість до полягання [420].

Серед найбільш чутливих рослин до впливу енергетичних факторів виділяють оптичне випромінювання і температуру навколишнього середовища. Зростання інтенсивності дихання змінює співвідношення між органами рослин і підвищує врожай культур квасолі приблизно на 41-85 % [421].

Заселення культурних посівів бур'янами, залежить від деяких чинників, серед яких першочергове значення мають: забруднення орного шару ґрунту насінням бур'янів, особливостей основного та передпосівного обробітків ґрунту, час сівби, умов навколишнього середовища, забезпеченістю вологою, показником рівня кислотності ґрунту механічного складу ґрунту [422, 423].

Відомо, що майже 80-90 % насіння усіх бур'янів розпочинає проростати з шару ґрунту глибиною до 5 см, оскільки в більш глибоких шарах ґрунту, ґрунтове повітря має високу концентрацію вуглекислого газу, який гальмує процеси проростання, тому насіння залишається у стані спокою [424, 425].

Найбільш поширені бур'яни, які траплялися в агрофітоценозах різних сільськогосподарських культур і нерідко виступали домінантами рослинних угруповань, були представлені однаковими видами, хоч і з деякими змінами ранжування їх за частотою виявлення й кількісним складом у посівах та необроблюваних землях, але суттєво відмінних для різних агрофітоценозів. Зокрема, найбільш обтяжливими з високим рівнем рясності були березка польова, латук татарський, осот польовий, грицики звичайні, лобода біла, кучерявець Софії, щиріця звичайна, гірчак шорсткий тощо.

За повідомленнями Курдюкова О. М., та Тищук О. П. в усіх степових зонах України найбільш поширені бур'яни представлені однаковими видами, але вони суттєво відрізняються для різних агрофітоценозів. Найбільш обтяжливими, з високим рівнем рясності були березка польова, осот польовий, грицики звичайні, кучерявець Софії, плоскуха звичайна, лобода біла, щиріця загнута тощо [426, 427].

Відомо, що на рівні із показниками температури, значну роль відіграє і час проростання бур'янів. В агроценозах навесні починають проростати ранні ярі і зимуючі види бур'янів – підмаренник чіпкий, талабан польовий, триреберник непахучий, капуста польова, роман польовий, редька дика, хрінниця крупкоподібна, гірчиця польова, роман собачий, зірочник середній, жабрій звичайний та інші. Застосування короткочасних, іноді дуже ефективних способів очистити посіви від присутності таких видів бур'янів практично неможливо. Адже їх насіння у великій кількості міститься у ґрунті і тривалість періоду появи сходів завжди дає змогу частині рослин бур'янів уникнути загибелі і сформувати та накопити запаси насіння в ґрунтовому середовищі [428, 429].

На посівах квасолі достеменно контролювати забур'яненість посівів можливо лише при умові поєднання декількох високоефективних прийомів викорінення вегетуючих бур'янів, та застосування фітоценотичної протидії

посіву культури для того, щоб не допустити їх появи впродовж усього періоду вегетації кvasолі [430, 431].

Багато науковців вказують на те, що на посівах кvasолі звичайної, поява сходів основних видів бур'янів може зміщуватись за календарними строками, залежно від погодних умов навесні. Цей термін залежно від середньо багаторічних показників може коливатися в межах 7-12 днів. Найшвидше проростання бур'янів відбуваються починаючи із другої декади травня по першу декаду червня. Доведено, що в період останньої декади травня – перша декада червня швидкість сходів зростає кілька разів, порівняно з серединою травня, далі відмічали спадання появи бур'янів [432, 433, 434].

Молоді рослини кvasолі, після сходів дуже страждають від нестачі розсіяного світла. Тому деяка частина з них гинуть від дефіциту енергії, іншим доводиться конкурувати за фактори життя із бур'янами. За умов, коли лише певна частина рослин бур'янів, які проростають у посівах може нормально рости і розвиватись, формуються відмінні посіви. Відомо, що на зріджених посівах кvasолі звичайної на певних видах ґрунтів, добре розвиваються молоді потужні рослини лободи білої, щириці звичайної, мишію сизого, які проросли у другу половину вегетації культури [435, 436, 437].

Сегетальні види рослинності досить успішно ростуть і розвиваються по всіх ґрунтово-кліматичних зонах крім того у кожного виду цих груп рослинності є своєрідний банк насіння у ґрунті, який збереже їх види протягом довгих років. Від кількості та присутності насіння бур'янів у ґрунті, його життєздатності та видового складу буде залежати забур'яненість посівів культури, що також напряду залежить від культури землеробства [438]. У посівах кvasолі звичайної видовий склад бур'янів відносно постійний і обмежений, хоча кожного року може змінюватись співвідношення рослин, залежно від погодних умов. Найбільш шкідливими у посівах кvasолі звичайної у зоні Лісостепу є дводольні бур'яни, особливо однорічні види [439].

Кvasоля звичайна дуже реагує на показник рівня забур'янення, і в першу чергу, на початку свого вегетаційного періоду. За повідомленнями Ю. М. Шкатули та О. В. Булаво структура рівня забур'яненості агроценозу кvasолі становила: бур'янів у цілому нараховувалось 121 шт./м<sup>2</sup>, серед них злакових – 71 і дводольних 50 шт./м<sup>2</sup>. З багаторічних бур'янів було 5 шт./м<sup>2</sup> пирію повзучого, 2 шт./м<sup>2</sup> осоту рожевого. Автори стверджують, що в посівах кvasолі переважно формується змішаний тип забур'яненості зі значною перевагою однорічних злакових видів (60-70% від загальної кількості). Найбільш розповсюдженими бур'янами були мишій сизий (*Setaria glauca* L.) та просо півняче (*Echinochloa crus-galli* L.), присутні також і група дводольних бур'янів до них належать: лобода біла (*Chenopodium album* L.), талабан польовий (*Thlaspi arvensis* L.), щириця звичайна (*Amaranthus retroflexus* L.), гірчак шорсткий (*Poligonum lapatifolium* L.), редька дика (*Raphanus raphanistrum* L.), осот рожевий (*Cirsium arvense* L.) [440].

Важливим аспектом технології вирощування кvasолі є моніторинг рівня забур'яненості посівів кvasолі у певні періоди її росту і розвитку, наприклад

вважається, що найбільш критичний період забур'янення посівів є між стадією першого трійчастого листка і стадією бутонізація – цвітіння. Тому, щоб уникнути зниження рівня урожайності квасолі, їх рекомендують утримувати у вільному стані від бур'янів протягом 3-5 тижнів після сівби [441, 442].

Достатньо важливим питанням при вирощуванні квасолі є захист посівів від бур'янів. Здавна історично так склалось, що система захисту посівів сільськогосподарських культур від бур'янів включає сівозміну, способи використання основного та передпосівного обробітків ґрунту та систему догляду за посівами, яка в свою чергу не обходиться без використання гербіцидів.

Серед систем захисту полів від бур'янів є застосування луцення, оранки, фрезування, культивації, боронування. Скажімо останні заходи можуть знищити 60-95% бур'янів, включаючи їх проростки, але недоліком цього заходу є пошкодження самих сільськогосподарських культур. Подекуди, навіть вирвані бур'яни приживаються, а культурні рослини вириваються і гинуть [443].

В США звертають увагу на спосіб вирізання бур'янів на квасолі, без перемішування ґрунту. Цей захід проводять, коли бур'яни досягають фази (2-4 листки). При запізненні проведення такого заходу, значно знижується рівень його ефективності. Недоліком даного заходу є неможливість його застосування у зоні рядка широкорядних посівів або на посівах суцільного способу сівби [444].

З літературних джерел дізнаємось і про маловідомі та не поширені способи фізичного знищення бур'янів. Серед яких поширення набувають і способи з використанням вогню, які практикували на полях починаючи з 1930-х років. Відомо, що показники температури вище 110°C повністю знищують сходи від фази сім'ядоль до фази двох листків деяких видів бур'янів: *Amaranthus retroflexus* L., *Sinapis arvensis* L., *Chenopodium album* L., *Setaria viridis* L., та ін. Із входженням рослин у зріліші фази починаючи із восьми листків за температури вище 350°C знищувалися біля 85% рослин. Встановлено, що стійкість до дії високих температур залежить від біологічних особливостей самих рослин. Наявності на поверхні рослин епікутикулярних восків, захисних волосків, лігніфікації тканин та водного режиму [445, 446].

Ситуація із застосуванням нетрадиційних методів захисту культурних рослин від бур'янів почала змінюватись в зв'язку з більш активним вирощуванням культур та плином часу, а також почали появлятися дієві методи хімічного захисту. До того ж, подорожчання ручної праці навіть в країнах традиційно зайнятих вирощуванням сільськогосподарських культур, як правило, призводить до необхідності пошуку нових альтернативних способів обмеження чисельності бур'янів [447, 448].

Протягом кількох останніх десятиліть широкого значення набув спосіб практичного застосування хімічних методів захисту посівів від бур'янів із застосуванням гербіцидів, підраховано, що затрати енергії на проведення таких заходів захисту посівів від бур'янів у кілька разів менші, порівняно з

механічними способами. Показник впливу дії гербіцидів на бур'яни та їх ефективність визначає видова чутливість рослин до діючої речовини препарату, а також фаза їх розвитку на момент внесення гербіциду. Важливе значення відіграє також і рівномірність нанесення робочої рідини на поверхню бур'яну, температура повітря та показник рівня відносної вологості повітря. При проведенні обприскувань гербіцидами, варто зважати на фази росту та розвитку культурних рослин, норму витрат препаратів тощо [449].

Система застосування гербіцидів на рослинах нині досить недосконала, адже при обприскуванні потрапляє на рослини бур'янів лише 0,001%, а можливо навіть і в меншій кількості витраченого гербіциду. На поверхні рослин під час суцільного обприскування осідає до 10 % пестицидів, а решта потрапляє на ґрунт і зноситься за межі поля, яке обприскують. Шляхи потрапляння діючої речовини на рослину, досить різноманітні, особливого значення набуває листок рослини. На окремі бур'яни гербіциди попадають через продихи, деякі через кутикулу, яка вкриває епідерміс. Основними шляхами проникнення діючої речовини гербіцидів у тканини листків є гідрофільний (полярний, водний), ліофільний (неполярний, ліпоїдний) і комбінований.

На сьогодні вирощування квасолі у будь якій країні залежить від застосування гербіцидів, що широко застосовують у сільському господарстві. Суттєвим та ефективним є планування повного комплексу інтегрованого захисту квасолі, що знижує використання гербіцидів для вирощування цієї культури. В Україні практично не існує офіційно зареєстрованих гербіцидів, які дозволяють до використання на посівах квасолі звичайної. Варто було звернути увагу на дані, які отримали із зарубіжних наукових джерел та виокремити кілька найпоширеніших діючих речовин гербіцидів, які використовують на посівах квасолі для контролю чисельного складу бур'янів: алахлор, діметенамід-П, ептам, еталфлуралін, гліфосат, галосульфурон, бентазон, квізалофоп-П-етил, клетодім, тріфлуралін, S-метолахлор, імазамокс, пендіметалін, паракват тощо [450].

Гербіциди є основними аспектами моніторингу забур'яненості посівів. Останнім часом відмічається тенденція до зниження кількості використання гербіцидів і зниження до мінімуму їх негативного впливу на навколишнє середовище. Найдієвішим способом для досягнення цієї цілі є інтеркропінг, що широко використовується при вирощуванні сільськогосподарських культур. [451].

Інтеркропінг – система вирощування сільськогосподарських культур, яка дозволяє отримувати стабільно високі врожаї через більш ефективну систему використання факторів життя рослин: поживних речовин, води і світла, а також уможливорює обмеження витрат [452].

Органічне виробництво – такий метод ведення сільського господарства, за якого захист рослин відбувається, в основному, препаратами натурального походження, а для удобрення ґрунту і живлення рослин використовують місцеві органічні добрива та природні мінерали з вмістом макро- й



мікроелементів. У тваринництві, з якого використовують для удобрення гній, забороняється застосовувати стимулятори росту, гормони та антибіотики. Крім того, не дозволяється використовувати генно модифіковані організми та невластиві продуктам харчування хімічні елементи. Квасоля на дерновому ґрунті має високу конкурентоспроможність до бур'янів. Співвідношення сирової маси бур'янів до маси основної культури становить 2,9-4,0, що підтверджує її можливість вирощування без застосування гербіциду. Крім того, наявність у сівозміні бобової культури за умови заорювання в ґрунт її побічної продукції сприяє накопиченню – 243-256 кг/га азоту, 34-38 – фосфору та 180-197 кг/га калію. Підвищення реалізаційної ціни на органічну продукцію на 40%, сприяє підвищенню рівня рентабельності квасолі в 1,7-2,3 рази [453, 454].

Ґрунти, які мають легкий механічний склад і малий уміст гумусу, то використовувати ґрунтові гербіциди доволі проблематично, адже можна пошкодити саму культуру. На сьогодні зареєстрованих гербіцидів на квасолі не має. Ми використовуємо світовий досвід використання гербіцидів і пробували вже різні схеми. І можемо сказати, що бентазон у кількості 2 л/га рослина переносить досить непогано. Застосовують його у фазі від 1-3 трійчастих листків у період молодих проростків бур'яну. Щодо інших страхових гербіцидів, які використовують на сої, то квасоля досить негативно на них реагує.

Можна використовувати на посівах квасолі зареєстрований на сої гербіцид Корум, який містить дві діючі речовини, бентазон та імазомакс. Але в цьому випадку потрібно ретельно підбирати наступні культури, бо може бути післядія препарату. З ґрунтових є багато гербіцидів, які можна застосовувати, якщо ґрунт містить гумусу 1,5-2% і більше. Найчастіше використовують препарати на основі прометрину (2 л/га) і пендаметаліну (2 л/га).

Прометрин можливо використовувати з S-металохлором нормами 1,5 л/га і 2 л/га. Це ґрунтові схеми. Можна використовувати пропізохлор разом з прометрином. Потрібно звертати увагу на забур'яненість поля і видовий склад бур'янів і підбирати гербіциди відповідно до кожного поля.

Ефективною буде також схема, яка передбачає дворазове внесення бентазону з інтервалом 3–5 днів у кількості 1,5 л/га. Тобто, за появи першого справжнього листка вносимо 1,5 л/га і через три дні повторюємо таке саме внесення аби знищити бур'яни, які мали більшу стадію розвитку [455].

Хвороби сільськогосподарських рослин являють велику загрозу для навколишнього середовища і завдають значних збитків аграріям. Велика площа сільськогосподарських угідь та різноманітність хвороб рослин створюють додаткові труднощі для фермерів. До того ж лікувальні заходи можуть не дати очікуваного ефекту на пізніх етапах захворювання. Саме тут на допомогу аграріям приходять сучасні технології, що дозволяють значно швидше реагувати на загрози здоров'ю посівів та ефективніше боротися з хворобами сільськогосподарських культур. Зазвичай, розрізняють кілька видів хвороб: абіотичні (також відомі як неінфекційні) та біотичні (інфекційні).

Не інфекційні хвороби рослин часто бувають викликані несприятливими екологічними умовами: заниженою або завищеною температурою, надлишком чи браком вологи. Також поширеною причиною хвороб рослин є шкідливі домішки, які накопичуються у повітрі через близькість хімічних або металургійних заводів. Ще одне значуще джерело хвороб сільськогосподарських рослин неналежні фізико-хімічні властивості ґрунту, включаючи ерозію ґрунту. Здоров'я ґрунту здебільшого порушується внаслідок неякісної обробки полів гербіцидами. Усі ці приклади доводять важливість сталого сільського господарства не лише для захисту навколишнього середовища, але й для прибутковості бізнесу [456].

Значної шкоди квасолі завдають бактеріальні хвороби – бура бактеріальна плямистість, кута́ста бактеріальна плямистість, дрібна коричнева плямистість, рожева плямистість, іржаво-бура плямистість, які суттєво знижують як продуктивність рослин, так і якість врожаю. Розвиток хвороб на рослинах призводить до зрідження посівів культури, випадання сходів, погіршення товарних і посівних якостей насіння, зменшення надземної маси рослин. Для квасолі захисні заходи, в першу чергу, направлені на зменшення поширення і розвитку хвороб до економічно невідчутного рівня їх шкідливості. Найбільш радикальним, екологічно безпечним і економічно доцільним методом захисту квасолі є впровадження у виробництво високопродуктивних сортів, які характеризуються польовою стійкістю до хвороб, у тому числі і до бактеріальних [457, 458]. Марков Л. І. зазначає, що на території України найбільш поширені такі хвороби квасолі: антракноз, фузаріоз, сіра гниль, біла гниль, бактеріози, вірози [459]. Особливо великий вплив на розповсюдження хвороб на рослинах їх збудниками є температура повітря та кількість опадів. З одного боку, погодні умови або сприяють росту і розвитку рослин, або навпаки, а як наслідок подовжується, або навпаки скорочується їх вегетаційний період. З іншого боку, метеорологічні умови також впливають на збудників хвороб, спонукають або обмежують їхній розвиток та розмноження, поширення та проникнення в рослини [460].

Ряд науковців стверджують, що однією із найпоширеніших хвороб, що присутні на Україні в посівах квасолі є антракноз, яка найбільше розповсюджена та шкодить на північному заході нашої країни. Її викликає гриб із роду *Colletotrichum lindemutianum* Br. et. Cov. Рослини квасолі можуть поражатися протягом усього вегетаційного періоду, але найчастіше хвороба з'являється в період формування бобів [461].

Зазвичай антракноз розвивається за умови підвищеної вологості повітря понад 60 %, наявності підвищеної краплинної вологи і температурі повітря в межах 15-19°C. Відчутної шкоди для рослин квасолі хвороба завдає у вологі роки. Насамперед відмічено зрідження посівів, при цьому ураженість бобів квасолі може сягати навіть до 75-90 %, зі зниженням урожаю майже на 50 %, а схожість насіння – на 33 %. Сівба пошкодженим насінням при умові холодної затяжної вологої весни, забезпечить поганий розвиток сходів, їх недружню появу тощо [462].

На квасолі симптоми цієї хвороби можуть з'являтися на всіх органах рослин та впродовж усього періоду вегетації. На листовій поверхні антракноз проявляється у вигляді бурих кутастих плям із коричневою облямівкою або у вигляді некрозу жилок і прилеглої до них тканини, на стеблах і черешках виявляються пошкодження у вигляді темних вдавнених смужок. За сильного прояву хвороби, пошкоджені та уражені стебла в місцях уражень часто ламаються. На пошкоджених молодих бобах з'являються враження у вигляді дрібних червоно-бурих округлих плям, які згодом зливаються. Ці плями з'являються у вигляді виразок, навколо яких з'являється опукла та тверда облямівка бурого, червоного або оранжевого кольору [ 463].

При показниках підвищеної вологості на плямах розвивається світло-пурпурова густа маса конідіального спорношення збудника хвороби. Дозрілі конідії дуже швидко розносяться дощем та вітром по посівах, ушкоджуючи здорові рослини квасолі. Основним джерелом інфекції є уражене насіння, меншою мірою – рослинні рештки, де збудник антракнозу зберігається у вигляді грибниці [464].

Поряд із антракнозом, встановлено, що значної шкоди посівам квасолі завдає і хвороба фузаріоз. Збудниками якого є гриби з роду *Fusarium Link*. Вона може виявлятися на рослинах квасолі у вигляді кореневої гнилі та в'янення рослин. Досить часто вказані симптоми можуть виникати одночасно. Шкідливість та негативні наслідки корневих гнилей квасолі залежать від того, в який період вегетації була уражена рослина. За умови надмірного пошкодження рослин в разі хвороби, суттєво знижується якість зібраного урожаю. Певним чином небезпеку становить пошкодження фузаріозом при появі сходів, коли відбувається загнивання коренів, сім'ядоль. За надмірного ураження молоді рослини квасолі пригнічуються і згодом засихають, так вони гинуть. На більш зрілих рослинах квасолі коріння починає темніти та відмирати іноді ушкоджується основа стебла. Науковець Безугла О. М. додає, що індивідуальну стійкість до фузаріозу мають зразки квасолі: Харківська 9, Тріумф, Filetty та ін [465, 466].

Біла гниль на рослинах квасолі проявляється практично впродовж усього вегетаційного періоду рослин. За дослідженнями Піковського М. Й., вона може поражати всі органи квасолі. В першу чергу, залежно від умов вегетаційного періоду та факторів навколишнього середовища, спочатку інфікуються стебла рослин, потім окремі їх пагони та боби. У період цвітіння з'являються перші ознаки та симптоми хвороби у польових умовах. Біля поверхні ґрунту, в основі стебла рослин квасолі вона спостерігається у вигляді тонкої білої ватоподібної грибниці, далі цей патоген поширюється вгору по стеблу та розповсюджується на бічні гілки. У період, коли переважає волога погода, грибниця патогену утворюється на хворих ділянках рослини локально або може покривати їх повністю. Надалі на міцелії утворюються так звані склероції. За умов низької вологості повітря та ґрунту на стеблах спостерігається знебарвлення та засихання уражених ділянок, а міцелій можна виявити всередині стебел. Це призводить до ураження основи стебла та до зав'ядання рослин, іноді їх гибелі.

Діагностичні ознаки ураження бобів квасолі білою гниллю на початкових етапах характеризуються утворенням водянистих мокрих плям з коричневим кольором, з світло-зеленим ореолом. Надалі, за умов високої вологості повітря вони поступово вкриваються білою ватоподібною пухнастою грибноцею патогену. Уражене насіння буде мати незрілий вигляд, хворе насіння трохи розбухає, втрачає блиск. У подальшому його колір змінюється на блідо-сіруватий, а інколи спостерігається оранжево-рожева пігментація [467, 468, 469].

Крім білої гнилі рослини пошкоджуються і сірою гниллю квасолі, яка теж є досить розповсюдженою серед хвороб. Збудник хвороби гриб *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib) de By. Він здатний уражувати рослини квасолі через кореневу систему. Сприятливі для розвитку білої гнилі умови створюються за теплої погоди з тривалими опадами. Симптоми хвороби виявляються на всіх органах рослин квасолі, які загнивають, особливо при контакті з ґрунтом. За умови враження цією хворобою рослин у другій половині вегетації вони значно відстають у рості, швидко жовтіють і погано плодоносять [470].

Мартінес-де-ла-Парте Е. із колегами в умовах Куби у січні 2012 року виявили білу гниль на рослинах квасолі звичайної (*Phaseolus vulgaris*). Рослини сортів ВАТ-93, ВАТ-304, Delicia Rojata Cuba C-25-9-R у їх дослідженнях почали в'янути і гинути. Дане явище відбувалося в провінціях Матанзас, Маябек і Артеміза. Поширення хвороби коливалося від 21 до 85%, залежно від поля [471].

Якщо хвороби грибної етіології на території України носять локальний характер розповсюдження, то бактеріальні хвороби є найбільш шкідливими й поширеними в усіх районах культивування квасолі.

Наведемо перелік хвороб найбільш поширених бактеріями, які здатні шкодити на посівах квасолі: *Corynebacterium flaccumfaciens* (Hegges) Dowson, *Xanthomonas phaseoli* (E. Smith) Dowson, *Xanthomonas phaseoli* v. *fuskans* Burkholder, *Pseudomonas medicaginis*. Зовнішні симптоми пошкодження квасолі вказаними збудниками дуже схожі. Шкідливість хвороб бактеріальної етіології на посівах квасолі найчастіше полягає в погіршенні якісних показників насіння та зниженні його схожості. Інколи, за умови сильного поразення рослин квасолі бактеріозами урожай повністю втрачається, відбувається це за рахунок ослаблення фотосинтетичної активності. Найбільш чутливі рослини квасолі до уражень в період наливу насіння, саме у цей час вони й потерпають від хвороб [472, 473].

Збудником зеленої мозаїки квасолі є *Bean common mosaic virus* (ВЗМК). Вірус зумовлює різноманітні порушення морфологічної будови листків квасолі, зменшується кількість хлоропластів. На поширення цієї хвороби певним чином впливає сприйнятливість сорту до вірусу, фаза росту і розвитку рослин, в який виникало зараження, а також від погодні-кліматичних умов регіону. Збудник дуже пригнічує рослини квасолі на початкових етапах вегетації, особливо на чутливих сортах. Перш за все науковці відмічають мозаїчне забарвлення листків у пошкоджених рослин. Листки потовщуються, стають ламкими,

жорсткими та крихкими, а сходи набувають пригніченого кволого вигляду. Фактично за зовнішнім виглядом пошкоджене насіння кvasолі не відрізняється від вигляду насіння здорових рослин, але вже при проростанні інфекція передається до сходів. Але зауважте, що не усе вражене насіння, з хворих рослин кvasолі дає уражені сходи. Показник насінневої інфекції залежить від чутливості сорту і його сприйнятливості до вірусу. У дуже чутливих сортів кvasолі зараження насіння цим вірусом становить в межах 30-48 %, подекуди й до 70 %, у середньо чутливих приблизно 8-20 %, а у відносно стійких взагалі не виявляється [474, 475].

Вірус жовтої мозаїки кvasолі (ВЖМК) належить до родини *Potyviriidae* роду *Potyvirus*. ВЖМК розповсюджений у всьому світі і викликає захворювання багатьох бобових і декоративних рослин. Захворювання викликає скручування листя, як і при звичайній мозаїці. Крім того, пластинка листка схиляється донизу у місці прикріплення до черешка. Поверхня листя стає хвилястою, вкривається світло-жовтими плямами. Уражене листя робиться крихким, поступово жовтіє або на ньому утворюється крапчастість.

Хворі рослини затримуються у рості і набувають куцистої форми.

Збудник жовтої мозаїки – вірус *Bean yellow mosaic virus* – має різні штами, що зумовлює різні форми прояву хвороби. Вірус ниткоподібний, переноситься попелицями та інокуляцією соку. З насінням не розповсюджується, хоч є дані щодо можливості його передачі з насінням люпину. Вірус витримує розведення 1:1000, інактивується при температурі 56-60°C протягом 10 хв. Антисироватка проти жовтої мозаїки дає реакцію і проти звичайної мозаїки. Вірус жовтої мозаїки уражує майже всі бобові культури, у тому числі й кvasолю. Шкідливість проявляється у затриманні росту і зменшенні продуктивності рослин [476].

Зниження показників поширення хвороб на рослинах кvasолі, перш за все рекомендовано створити найкращі умови для росту і розвитку рослин.

Не варто забувати, що застосування високих доз азотних добрив, як правило призводить до інтенсивного ураження рослин хворобами. Саме тому багато аграріїв стверджують про доцільність внесення мікроелементу молібдену у ранні фази розвитку кvasолі. Саме він сприятливо впливає на формування стійкості рослин до антракнозу та багатьох бактеріальних хвороб. До того ж зростає маса 1000 насінин і урожайність кvasолі [ 477, 478].

За висновками фахівців НААН хвороби зеленої кvasолі, як правило, виникають внаслідок зараження патогенними грибами. Адже кvasоля дуже реагує на низькі температури, тому й часто навесні спостерігається пошкодження термічним стресом, під час тимчасових перепадів температури. Тому дотримання сівозміни та сівба здоровим насінням є важливими заходами при культивуванні кvasолі. Сівбу проводити варто в оптимальні строки у добре прогрітий ґрунт. Для кращого захисту за потреби проводять дворазове обприскування у період вегетації препаратами на основі азоксистробіну або тебуконазолу. Також варто зважати на організаційні заходи, що пов'язані із профілактикою хвороб кvasолі:

- придбання сортів стійких до грибкових і вірусних захворювань;
- не допускається загущення посадок (має бути доступ сонця і провітрювання);
- видаляються і знищуються слабкі, засохлі та хворі частини рослини;
- знищуються бур'яни (в них крім грибків, живуть слимаки небезпечні для квасолі);
- регулярно проводиться боротьба з попелицею (джерело вірусних захворювань);
- використання для заготівлі на наступний рік, тільки здорових плодів;
- обов'язково збираються і знищуються післязбиральні рештки рослин;
- проводиться протруювання насіння перед посівом;
- дотримання сівоzmіни.

У сучасних технологіях дуже важливо захистити рослини в процесі росту від шкідників та хвороб, правильно контролювати забур'яненість [479, 480, 481].

Квасолею живляться понад 30 видів комах. Проростаюче насіння і сходи знищують личинки коваликів: широкого (*Selatosomus latus F.*), степового, посівного (*Agriotes gurgistanus Fald, A.sputator L.*), капустянка звичайна (*Gryllotalpa grullotapa L.*), паросткова муха (*Delia platura Mg.*), піщаний мідляк (*Opatrum sabulosum F.*), сірий довгоносик (*Tanumecus palliates F.*), чорний буряковий довгоносик (*Psolidium maxillosum F.*), люцерновий скосар (*Otiorrhynchus ligustisi L.*), та ін.

Веgetуючим рослинам шкоди завдають люцернова попелиця (*Aphis craccivora Koch.*), павутинний кліщ (*Tetranychus telarius L.*). Насіння бобових під час його зберігання пошкоджує квасолевий зерноїд (*Acanthoscelides obtectus Say.*). Крім того, в періоди спалахів розмноження квасолею можуть пошкоджувати інші масові види – саранові, підгризаючі й листогризучі совки, клопи, цикадки [482].

На процесі формування стійкості культур, в тому числі й квасолі до шкідників, посилення або послаблення стійкості польових культур до пошкодження шкідниками в сучасному агровиробництві степової зони значний вплив має два фактори: інтегрована система захисту рослин та культура землеробства, однією із складових якої є способи і глибина основного обробітку ґрунту. Полицева та диференційована системи обробітку ґрунту при вирощуванні кукурудзи зумовлюють якнайповніше знищення збудників хвороб (проростків – пліснявінням та кореневими гнилями, рослин – пухирчастою сажкою, початків – хворобами) і шкідників (дротяники, стебловий метелик, бавовникова совка), які зимують та зосереджуються в рослинних рештках. Рівень ураження хворобами та пошкодження шкідниками при цьому знижується у 1,4-1,6 раз внаслідок заорювання рослинних решток разом зі збудниками хвороб у нижні шари ґрунту. Слід відзначити, що мілкий мульчувальний обробіток потребує додаткових регламентів щодо контролю за розвитком шкідників і хвороб за умови перевищення економічного порогу

їхньої шкодочинності, а це вимагає додаткових витрат матеріальних ресурсів, особливо в роки значного прояву розвитку шкідливих об'єктів [483, 485.].

Основним шкідником квасолі можна вважати квасолеву зернівку, для запобігання поширення якої посіви слід обробляти інсектицидами з діючими речовинами лямбда-цигалотрин або біфентрин на початку цвітіння та через 8-10 днів. Квасолева зернівка (брухус) – невеличкий шкідник бурого кольору. Тільки має овальну форму та покрите своєрідними волосками золотистого відтінку. Жучки потрапляють у зерна квасолі не під час зберігання, а раніше. Самки відкладають яйця на боби в період їхнього дозрівання. Коли з яйця утворюється личинка, вона відразу ж вгризається всередину бобу, де й продовжує свій розвиток. В одній насініні одночасно можуть розвиватися від 10 до 20 личинок. Вони з'являються через 35-45 діб і живуть у плодах, поїдаючи їх ізсередини, потім перетворюються в лялечку, а назовні вилітають уже дорослі, повністю сформовані комахи. Повний цикл розвитку займає близько 110 діб. Зазвичай, жуки не встигають вилетіти з квасоліни. Основна маса шкідників потрапляє в місця зберігання квасолі, де вони за сприятливих умов продовжують успішно розвиватися восени та взимку [486].

До найбільш шкодочинніших комах зернобобових відносять зерноїдів. Квасоля звичайна пошкоджується квасолевим зерноїдом (*Acanthoscelides obtectus* Sag.). Аналіз колекційного матеріалу квасолі показав, що більше зерноїдом пошкоджуються форми з кольоровим насінням і, як не парадоксально, скоростиглі зразки (до 5-6%). Квасолію пошкоджує і бобова (акацієва) вогнівка (*Etiella zinkenella* Tr.) при розміщенні посівів недалеко від насаджень жовтої і білої акації [487, 488].

Паросткова муха – комаха сірого кольору з темними смужками на спині, черевце довжиною до 5 мм. У квітні-травні з лялечок, що залишилися на зиму в ґрунті, вилуплюються мухи, які відкладають у вологий ґрунт маленькі, подовжені яйця білого кольору, розміром менше одного міліметра. Яйця, що потрапили в сухий ґрунт, неминуче гинуть, тому невелика посуха благотворно позначається на врожаї квасолі. З яєць, що потрапили у вологий ґрунт, через 9 днів вилуплюються личинки, які активно розповзаються в різні боки, вирушаючи на пошуки харчування. Личинки проникають в посівні зерна квасолі через тонку мембрану в місці появи паростка, харчуються насінням протягом 18 діб, потім заляльковуються і перетворюються у доросле імаго. Травмовані насіння згнивають в ґрунті, не даючи сходів. На відміну від квасолевої зернівки, личинки росткової мухи підвищують свою активність в більш прохолодний період і при зниженні температури наносять урожаю найбільшої шкоди [489].

Зі шкідників квасолію дуже любляють капустяна й городня совки – гусені поїдають листя і квіти, але боротися слід починати із метеликами навесні. Я зазначають дані інтернет-ресурсу, найбільшої шкоди врожаю завдає жучок – квасолева зернівка. Він зимує всередині насіння квасолі, там же розмножується, прогризаючи діри в оболонці й виходячи назовні. В одній квасоліні може бути до 30 жучків. Навесні жучки вилітають харчуватися

цвітом бобових в радіусі кількох кілометрів. Зернівки бояться холоду, тому зберігати квасолі слід у холодних приміщеннях. За нульової температури личинки гинуть за 2 тижні.

В обох випадках квасолі слід обприскати – на початку цвітіння та через 10-12 днів після початку утворення стручків (це не стосується спаржевої квасолі, яку в цей час уже пора їсти).

Якщо на квасолі оселилася попелиця, її можна спробувати обробити настоєм із попелу (1 л попелу на відро води) з додаванням господарського мила. Якщо нічого не робити, попелиця висмокче соки із молодих пагонів, пошкодить цвіт та принесе різні хвороби, наприклад, мозаїку [490].

Слимаки цечеревоногі молюски, довжина тіла яких може досягати 70 і більше міліметрів. При пересуванні комаха виділяє деяку кількість слизу, яка полегшує цей процес. Саме по довгих слідах сріблясто-білого кольору легко виявити появу цих шкідників і своєчасно вжити заходів.

У денний час слимаки ховаються в темних і вологих затишних куточках, а вночі виповзають в пошуках їжі. З цієї причини слимаків важко знайти і звичайні методи боротьби з комахами тут не працюють. Якщо вологі місця відсутні або температура навколишнього середовища опускається нижче семи градусів, слимаки гинуть. Тривалість життя дорослої молюска становить близько 6 місяців, за цей період він встигає відкласти до 200 яєць. Навесні з яєць, успішно перенесли зиму, відроджуються нові особини слимаків, які поїдають листя квасолі, а також молоді зерна. У прохолодну і дощову літню погоду ці молюски завдають серйозної шкоди [491].

Проти комплексу шкідників на посівах квасолі використовують Бі-58 новий, 40% к.е. з розрахунку 0,5-1,0 л/га.

При проведенні досліджень на квасолі науковцями з Ефіопії було визначено ряд найбільш шодочинних комах-шкідників, що спричиняють зниження врожайності, основними є стебловий прихованохоботник (*Ophiomyia phaseoli*), оотека (*Oothesca bennigseni*), брухти або довгоносики (*Acanthoscelides obtectus* і *Zabrotes subfasciatus*) та попелиці (*Aphis fabae*), які спричиняють від 37% до 100% втрат врожаю. Через те, що культура адаптована до ширшої агроєкології, кількість видів комах-шкідників може спричинити зниження врожайності більше, ніж у інших культур. Крім того присутність комах-шкідників впливає і на поширення збудників хвороб та як наслідок, на впливає на до- та післязбиральну стадії при культивуванні квасолі [492, 493].

У світовому агровиробництві широко застосовують хімічні засоби захисту рослин у всіх сферах вирощування сільськогосподарських культур на різних рівнях. Рівень застосування хімічних засобів там вищий, де більша кількість інвесторів і більші масштаби виробництва для боротьби з хворобами та комахами-шкідниками. В результаті, за оцінками, в усьому світі близько одного мільярда або 27% працюючих людей зайняті в сільському господарстві, і більшість з них використовують пестициди для захисту продуктів харчування та комерційної продукції, яку вони виробляють [494].



За проведеними дослідження зарубіжні автори зробили висновок, що поширення комах-шкідників кvasолі пов'язано із ґрунтово-кліматичними особливостями регіонів. Абіотичні (температура) та біотичні фактори (морфологія та поведінка комах) є більш важливими для розвитку популяції комах кvasолі [495].

Таким чином, при вирощуванні кvasолі звичайної велику увагу слід приділяти своєчасному контролюванню шкодочинних організмів за допомогою біологічних та хімічних заходів.

### **3.6. Особливості позакореневого підживлення на кvasолі**

У світовому землеробстві (площі 20 млн га), серед зернобобових культур, кvasоля посідає друге місце після сої й користується великим попитом. Західний Лісостеп України – є традиційним регіоном вирощування кvasолі, особливо сприятлива його південна частина, але більша частина культури вирощується в приватному секторі на незначних площах, що не задовольняє попиту в її продукції. Тому питання щодо збільшення посівних площ, вдосконалення існуючих технологій та розробку нових перспективних технологій з використанням мікроелементів (оскільки винос їх культурою і її потреба в них висока) є актуальним.

Для формування 1 ц зерна і відповідної кількості соломи, кvasолі необхідно, кг/га: 3,5-5,5 азоту, 1,2-1,7 фосфору, 2,5-3,5 калію, 1,7-3,0 кальцію, 0,5-1,3 магнію і інших мікроелементів. Кращими ґрунтами для кvasолі є легкі за механічним складом чорноземи з нейтральною реакцією ґрунтового розчину (рН 6,5-7,5). Кvasоля дуже добре реагує на внесення добрив. Коренева система кvasолі розміщується у верхньому шарі ґрунту, який забезпечений азотом завдяки життєдіяльності бульбочкових бактерій. Тому внесення азоту проводять тільки у стартових і підтримуючих дозах, а інші елементи живлення потрібно вносити додатково коренево чи у вигляді позакорневих підживлень [496].

Позакореневі (лишкові) підживлення зазвичай входять до складу усі сучасних технологічних схем вирощування кvasолі, крім того є обов'язковою умовою отримання сталих та високих врожаїв, які близькі до біологічного потенціалу рослин. Слід зазначити, що ні в якому разі позакореневе підживлення не замінить застосування добрив у основне удобрення або ж фертигацію. Таким чином, доведено, що через листову пластинку яблуня може засвоїти біля 25 % бору, зернові культури – 10 % магнію, а цукровий буряк – 3% калію від їх загальної потреби. Найефективніші для застосування позакореневі підживлення рекомендують проводити на добре окультурених ґрунтах та при умові внесення високих норм внесення добрив, де визначним чинником підвищення продуктивності культур може бути один з макро- чи мікроелементів. Переважна більшість рослин здатні засвоюють основну кількість елементів живлення через добре адаптовану для цього кореневу систему. Забезпечення рослин у повній мірі необхідними елементами живлення

на початку вегетації у майбутньому сприятиме їх високопродуктивному та швидкому розвитку.

Відомо, що механізм засвоєння речовин листками рослин при нанесенні їхніх розчинів на листову пластинку суттєво не відрізняється від споживання їх кореневою системою і проходить у дві стадії. Фундаментом цього механізму є процес обмінної адсорбції (I стадія), після чого відбувається міграція іонів всередину тканин листків і переміщення їх до різних органів рослин (2 стадія). Водні розчини разом із поживними речовинами потрапляють у листок крізь його продиhi через кутикулу на листках рослин. Верхня і нижня бічні частини листків приймають участь в поглинанні елементів живлення. Нижня частина листка, де зосереджено практично більшу частину продиhiв, порівняно швидше поглинає поживні речовини відразу на момент їх нанесення, але з часом поглинання як нижньою поверхнею листка, так і верхньою вирівнюється, і це співвідношення вирівнюється.

На швидкість проходження процесу адсорбції впливає будова листка, їх вологість (роса) та вологість повітря, швидкість вітру, температура, вік листків (у молодих іонний обмін проходить інтенсивніше).

За повідомленнями аграріїв та рекомендаціями науковців позакореневе підживлення необхідно проводити в таких випадках:

- як доповнення до основного удобрення за нестачі елементів живлення або низького рівня засвоєння їх із ґрунту (перезволоження, посуха, низькі температури, порушення оптимального співвідношення та антагонізм іонів, високий і низький рівні рН розчинів ґрунтового середовища);

- за умови порушенні нормального функціонування кореневої системи (ущільнення ґрунту, слабка його аерація, низькі температури, пошкодження кореневої системи рослин шкідниками і хворобами);

- у фазу максимальної потреби рослин в елементах живлення, коли їх засвоєння відстає від темпів росту рослин, що особливо часто спостерігається за прохолодної погоди;

- для подолання стресу рослинами (під час інтенсивного росту, за невідповідності властивостей ґрунту потребам рослин, за поганих погодних умов – посуха чи надмірне зволоження, температурний режим);

- одночасно із засобами захисту рослин (для поліпшення якості робочого розчину і стану рослин унаслідок зняття стресу від дії засобів захисту);

- для стимулювання засвоєння рослинами елементів живлення з ґрунту;

- для підвищення якісних і кількісних показників урожаю.

У багатьох випадках позакореневе підживлення має низку переваг над корневим. Забезпечує в потрібний час рослину необхідними поживними елементами. Засвоєння елементів живлення рослинами через листки проходить значно коротший шлях, ніж через кореневу систему (азоту, калію і сірки – у 4-6 разів; фосфору – в 20, мангану – в 30, магнію – в 7, заліза – в 100 разів. Такі елементи, як фосфор, сірка, бор, на відміну від азоту, калію, молібдену та інших, у випадку їх нестачі не можуть переміститися зі старих нижніх листків до молодих ростучих органів, тому на пізніх етапах розвитку рослин може

виникати голодування. Позакореновими підживленнями, на відміну від ґрунтових, можна миттєво ліквідувати проблему та забезпечити вже готові амінокислоти, полісахариди, вітаміни, що позбавить рослину від необхідності витратити енергію на їх утворення внаслідок розщеплення складних сполук. Позакоренове підживлення можна проводити в різні періоди росту і розвитку рослин. У періоди з незначною кількістю опадів доцільність коренових підживлень низька, оскільки добрива вносяться в сухий ґрунт.

При позакоренових підживленнях можна легко досягти рівномірного розподілу добрив. Виняткове значення це має для мікроелементів, які застосовуються в малих дозах.

При умові виникнення стресових ситуацій, наприклад заморозки, різкі коливання температури, засуха споживання кореневою системою поживних елементів є недостатнім. Внаслідок таких ситуацій настають критичні моменти у рослин, часто рослини відстають у рості й розвитку, особливо добре помітно такі відмінності при нестачі вологи у ґрунтах. У таких випадках нестачу потрібних рослині поживних речовин можна нівелювати за рахунок проведення позакоренових підживлень.

Хоча показники обсягів засвоєння поживних елементів через листки невисокі, проте швидкість і процент їх засвоєння значно вищі, порівняно ніж із добрив, які вносяться безпосередньо в ґрунт. Калій, азот, та цинк проникають найшвидше у рослину, трохи повільніше, але також досить швидко потрапляють бор, сірка, фосфор, кальцій, манган, а магній із наведеного переліку потрапляє в рослину останнім. З важливих для рослин поживних елементів найшвидше поглинається азот – протягом доби, тоді як, наприклад, фосфору потрібно в межах 7-10 днів. Високі ступені міграції в рослині мають азот, фосфор, калій, середні – магній, цинк, манган, низькі – бор, кальцій, сірка.

Науково обґрунтовано та доведено, що позакоренове підживлення рослин мікроелементами протягом вегетаційного періоду у кілька разів ефективніше, ніж внесення їх у ґрунт. Особливо ефективно проводити підживлення здорових рослин, які достатньо забезпечені іншими елементами живлення. Нині для позакоренового підживлення пропонується велике різноманіття добрив. Їх можна застосовувати, як у змішаних формах, так і як монорозчини. З досліджень проведених на квасолі зарубіжними науковцями, можна зробити висновок, що позакоренове підживлення змішаними мікроелементами (Fe + Zn + Mn) було кращим за позакоренове підживлення окремими елементами для протидії небезпечному впливу засолення та покращення засвоєння поживних речовин. Крім того, краще судити про стан живлення рослин, розраховуючи поглинання поживних речовин, ніж залежати від концентрації поживних речовин [497].

Водорозчинні добрива поділяють на дві групи: фертигатори і добрива для листових підживлень. До групи фертигаторів належать добрива передбачені для краплинного зрошення, вони значно дешевші у фінансовому плані, але недостатньо розчинні для застосування для позакоренового підживлення. Після позакоренового внесення фертигаторів на листках зазвичай залишається

помітний сольовий наліт через невисоку їх розчинність. Позакореневе підживлення потрібно розглядати як невід'ємну частину технологій вирощування сільськогосподарських культур, в тому числі й квасолі, яка за певних умов здатна підвищувати ефективність внесених у ґрунт добрив і використання рослиною потенціалу ґрунтової родючості. Це своєрідна «швидка допомога» рослинам яким необхідні ті чи інші елементи живлення. За фазами розвитку рослин позитивний ефект дають підживлення, які проводять після цвітіння, коли в рослинах переважає гідроліз.

Найліпшим азотним добривом для позакореневих підживлень є карбамід. Амідна форма азоту швидко проникає через листову поверхню. Позакореневе підживлення карбамідом доцільно поєднувати з внесенням мікроелементів і пестицидів, якщо немає застережень у регламенті їх застосування. Це зменшує стресовий вплив засобів захисту рослин на культурні рослини, підвищує ефективність їх дії. Об'єм робочого розчину має бути не меншим за 250-300 л/га. Допустима концентрація робочого розчину карбаміду, яка не пригнічує розвитку рослин для квасолі є 0,3-0,4 %:

Дуже добре магній поглинається через листки та засвоюється рослиною. Рослиною він засвоюється у 15 разів швидше, порівняно з фосфором, й у 10 – ніж калій.

На сьогодні сульфат магнію широко застосовують в сучасних технологіях вирощування сільськогосподарських культур для вирішення питання швидкої компенсації нестачі магнію і сірки.

Застосування мікроелементів як хелатних сполук значно доцільніше, як використання мінеральних солей. Головною функцією хелатів є збереження мікроелементів у доступних для рослин сполуках. При застосуванні хелатних добрив додають прилипачі, вони не шкідливі, мають швидкий період розпаду й не завдають шкоди рослині, вони сприяють пролонгованому надходженню елементів живлення у клітини, що поліпшує процес обміну речовин [498].

Однією із переваг листових підживлень є стабілізація стану рослин після стресу, крім того ці добрива можна вносити в бакових сумішах із пестицидами без витрати додаткових коштів на окремий захід.

Рекомендують проводити підживлення рослин вже в ранні стадії росту і застосовувати їх за можливості 2-3 рази. Передозування може справити на рослини токсичний вплив. Якщо планується одноразове обприскування, його найліпше провести за достатньо сформованої листової поверхні. Позакореневі підживлення ліпше проводити в ранкові та нічні години .

Застосування позакореневих підживлень показали, що обприскування мікроелементами як окремими елементами, так і їх сумішшю значно збільшує поглинання поживних речовин. Це відбувається завдяки збільшенню поглинальної здатності коренів квасолі [499, 500].

Для позакореневих підживлень на квасолі використовують найчастіше п'ять основних мікроелементів: молібден (Mo), бор (B), залізо (Fe), марганець (Mn), цинк (Zn). На початку цвітіння доцільно провести позакореневе

підживлення аміачною селітрою в розрахунку 10 кг/га, розчинених в 400-500 літрах води.

Позакореневе підживлення посівів сорту квасолі Надія Кристаломом подовжувало тривалість вегетаційного періоду на одну добу. Сумісне застосування мінеральних добрив в дозі  $N_{30}P_{60}K_{60}$  з Ризогуміном чи Кристаломом формувало найдовший вегетаційний період сорту квасолі Надія тривалістю 83 доби, або це було на 4 доби більше порівняно із контролем. Застосування мінеральних добрив в дозі  $N_{30}P_{60}K_{60}$  подовжувало тривалість вегетації у сорту квасолі Буковинка на дві доби, а обробка насіння Ризобофітом – на одну добу. Сумісне застосування мінеральних добрив в дозі  $N_{30}P_{60}K_{60}$  з Ризобофітом та Кристаломом формувало найдовший вегетаційний період сорту квасолі Буковинка з тривалістю 84 доби і це був максимальний показник в досліді [501].

Від мінерального живлення рослин, зокрема від достатньої забезпеченості азотом, бором, марганцем, міддю, цинком, молібденом, залежить ряд процесів у рослині, у тому числі й фотосинтез. Провідну роль в усуненні дефіциту поживних речовин у рослин займають комплексні добрива, які вносять позакореневим способом використовуючи їх розчини в яких елементи живлення перебувають у хелатній або органо-мінеральній формі. Такі підживлення сприятливо впливають на формування органів рослин, на процеси обміну, поліпшують продуктивність рослин в цілому та покращують якісні показники отриманої продукції. Позакореневе внесення елементів живлення скорочує час між їх застосуванням і використанням, що має велике значення для швидкого реагування на потреби рослин. Вегетаційні дослідження вказують на доцільність і перспективність позакореневого використання комплексного мінерального добрива Плантафол для стимулювання деяких фотосинтетичних і ростових процесів рослин квасолі під час вирощування на чорноземі типовому із зменшеним вмістом легкогідролізованого азоту, сірки, цинку, кобальту та середньою забезпеченістю фосфором, марганцем і гумусом. [502, 503].

Формування високих рівнів урожаїв сільськогосподарських культур в тому числі квасолі значною мірою пов'язане із застосуванням мінеральних добрив. Велике значення у розв'язанні цієї проблеми відіграють мікродобрива, й особливо ті форми, до складу яких входять фізіологічно активні речовини (фітогормони, аміно- і карбонові кислоти) та допоміжні сполуки, що пом'якшують воду, регулюють рН, знижують піноутворення, запобігають швидкому випаровуванню з листової поверхні, змиванню опадами тощо.

### **3.4 . Збирання врожаю**

Продуктивність квасолі – багатогранна ознака, до складу якої входять показники від середньої кількості бобів на рослині до кількості зерен квасолі та їх маси. Однією зі слабких ланок промислової технології вирощування квасолі є її збирання. Це пов'язано з тим, що боби не всіх сортів квасолі дозрівають

одночасно. Крім цього, деякі сорти схильні до вилягання й мають низьке розміщення нижніх бобів. Тому ще кілька десятиліть тому у виробництві переважало двофазне збирання квасолі.

Зараз для квасолі доцільно використовувати пряме збирання. За обмолоту перезрілої квасолі з низькою вологістю зерна значна частина насіння пошкоджується, знижується вихід товарної продукції і, відповідно, знижується економічна ефективність виробництва.

Зазвичай чим більше крупнонасінний сорт квасолі, тим сильніше пошкоджується його зерно під час обмолоту. Тому обмолочувати квасолі зерновими комбайнами слід вчасно, з мінімальними обертами барабана та низькою швидкістю [504].

Час збирання зерна багато в чому залежить від сорту рослини (ранній, середньостиглий, пізній). Квасолі збирають при пожовтінні більшості плодів (в межах 70-80%) та затвердінні насіння. У цей час листки квасолі опадають, а більшість бобів досягне повної стиглості, листя засохне, а зерно затвердіє. Механізоване збирання здійснюється жнивваркою або шляхом висмикування рослин з ґрунту разом із корінням.

Після підсихання валків проводиться обмолочування комбайнами зі спеціальними пристроями із зменшеною частотою обертів барабана (400- 500 об/хв.). Можна також збирати квасолі збиральною машиною ФА-4М, яка висмикує рослини і складає у валки. Насіння після обмолочування очищається, при необхідності підсушується, закладається затареним у мішки на зберігання.

Низьке розміщення бобів на стеблах утруднює механізацію збирання. Проте сорти з короткими бобами, розміщеними не нижче 10 см над поверхнею ґрунту, придатні для механізованого збирання. Квасолі доцільно збирати роздільним способом.

Після підсихання валки підбирають комбайнами зі спеціальними пристроями. Щоб запобігти пошкодженню зерна під час обмолоту, швидкість обертів барабана зменшують до 500 хв-1, підбарабання опускають у нижнє положення. За потреби залізні бичі замінюють на гумові.

Вимолочене зерно висушують до вологості не більше ніж 15%. Зберігають його у мішках або насипом (шаром до 1 м у сухих приміщеннях) [505].

В країнах, найбільших виробниках квасолі (США, Канада, Бразилія і Аргентина), культуру збирають у два етапи: спочатку її скошують у валок, потім валки обмолочують спеціальним підборочним комбайном для квасолі.

У валок квасолі скошують за зеленого стебла, тоді, коли нижні боби вже дозріли, а верхні ще зеленкуваті й дозрівають. У валках квасолі дозріває. Звичайно, вона може бути дещо плюскою, але все одно вона дозріє. За нерівномірного дозрівання культури такий метод збирання є найефективнішим.

Рослини скошують за 18 % вологості самого боба. Якщо валки намочив дощ, то спеціальна машина їх перевертає для швидшого висушування. Потім

комбайн-підборщик підбирає валки і відправляє у бункер, а звідти одразу на завод. Такий спосіб збирання дає можливість отримати абсолютно чисте зерно.

Коли збирають квасолю прямим методом, часто попадають у росу чи за невіривняного поля захвачують грудочки землі. Тоді квасоля забруднюється і втрачає товарний вигляд і, відповідно, ціну, тож її потрібно доочищувати. Якщо ж ґрунт перед посівом буде ідеально вирівняний і закоткований кільчасто-шпоровими котками, то можна культуру збирати прямим комбайнуванням з використанням жатки флекс, зробивши відповідні налаштування для неї та барабана комбайна.

Пряме збирання вимагає проведення десикації, бо квасоля нерівномірно дозріває: верхні яруси ще зелені, а нижні вже сухі. Отримати рівномірне підсихання, як у валках, неможливо. Десикацію проводимо Дикватом, 3 л/га, і потім збираємо. Кращими комбайнами для збирання є роторні. Вони м'якше працюють на обмолоті, не травмують зерно і не розділяють його на половинки. У нас немає роторного комбайна, а працюємо на CLAAS, Lexion 670. Перестановкою редуктора на комбайні ми можемо добитися частоти обертів барабана від 180 обертів за хвилину. За таких обертів за обмолоту квасоля майже не травмується. При цьому обов'язкове використання флекс жатки.

Якщо відсутня жатка флекс, то можна збирати спеціальним квасолевым комбайном. На жаль, сьогодні послуга аутсорсінгу для збирання квасолі на території України відсутня [ 506].

Таким чином, збирання зерна квасолі доволі відповідальний технологічний захід, який потрібно проводити у найкоротші терміни.

## РОЗДІЛ 4. ОСОБЛИВІСТІ РОСТУ ТА РОЗВИТКУ РОСЛИН СОРТІВ КВАСОЛІ

### 4.1. Польова схожість та виживання рослин

Під схожістю насіння розуміють його здатність до проростання і забезпечення майбутнього врожаю. По суті, аграрії її порівнюють зі здоров'ям. Поняття польової схожості має на увазі загальний стан кожної насіння, міцність, її цілісність і неушкодженість, силу і час, необхідний на проростання.

Схожість насіння прийнято виражати в процентному співвідношенні. Його розраховують, як відношення кількості пророслого насіння до загальної кількості. Хибним буде очікувати, що схожість насіння сягатиме на рівні 100 %, не існує у природі абсолютної схожості. На практиці сходи ніколи не дають зазначеного результату. Приблизно в межах до 10% завжди залишається насіння, яке не проростає. І вказані дані вважаються дуже хорошим результатом [507].

Польова схожість рослин кvasолі залежить від багатьох факторів, починаючи від строків сівби, температура повітря і ґрунту, показників запасів вологи в ґрунті, глибини загортання насіння, важливе значення має біологія розвитку кvasолі, глибина розміщення основної маси коріння та доступність вологи на глибині загортання насіння.

Саме польова схожість та збереженість рослин впливають на формування густоти рослин кvasолі як перед збиранням, так і впродовж її вегетаційного періоду [508]. Схожість і виживаність рослин певним чином залежать від абіотичних, едафічних, біологічних і сортових особливостей кvasолі, а також технологічних прийомів вирощування. Загально відомо, що протягом вегетаційного періоду кількість рослин від фази сходів до настання повної стиглості насіння поступово знижується під впливом цих факторів [509].

Крім того технологія вирощування кvasолі передбачає дотримання високоякісної сівби насіння на щільне ложе та рівномірне покриття його добре розробленим ґрунтом. у різних регіонах України було проведено ряд досліджень по вивченню показників польової схожості та виживаності рослин кvasолі. Звернемо увагу на найбільш значущі фактори впливу на ці показники.

Як зазначає Овчарук О. В., за результатами своїх досліджень, значний вплив мають метеорологічні дослідження на темпи появи та дружність сходів, особливо за умови різної глибини загортання насіння Багато науковців вказують, що тривалість цього періоду кvasолі визначається, певним чином, коливанням середньодобової температури повітря, яка першочергово впливають на отримання дружніх сходів кvasолі [510]. Про вагомий вплив погодних умов вказує і Литвинюк Г. В. у своїх дослідженнях. Зокрема, зменшення кількості опадів і підвищення температури повітря негативно вплинули на відсоток польової схожості [511] Оліфорович С. Й. додає, що польова схожість насіння кvasолі значною мірою залежала від біологічних особливостей сортів та погодних умов року і була найнижчою в сорту Галактика – 76%, що на 5,1%



менше, ніж на контролі (сорт Буковинка). Найвищу польову схожість насіння виявлено в сортів Отрада та Ната – 81,6 та 81,2% відповідно. Рослини квасолі сорту Ната були найбільш адаптованими до несприятливих умов вирощування в період вегетації порівняно з іншими досліджуваними сортами, про що свідчить показник виживання рослин 96% [268]

Передпосівна обробка насіння штамми бульбочкових бактерій помітно вплинула на польову схожість сортів квасолі у дослідах проведених у східному Лісостепу України. Так, у середньому за три роки найвищу польову схожість по сортах Первомайська і Докучаєвська отримали на варіанті Фа-2 – 90,6 і 77,9 % відповідно, на контролі 85,8 і 74,2 %. Відмічено і кращі показники виживаності рослин на даних варіантах [512]. А за результатами інших авторів проведення передпосівної інокуляції може забезпечити виживання рослин на рівні 83-92% [513].

Про доцільність та позитивний вплив обробки насіння квасолі комплексними стимуляторами росту відмічено науковцями з ВДПУ ім. Михайла Коцюбинського. Автори зазначають, що обробка насіння активізувала процеси проростання насіння культур, у тому числі й квасолі. При застосуванні агростимуліну та реастиму енергія проростання та лабораторна схожість насіння бобових збільшувалися. Зокрема на енергію проростання квасолі більш позитивний вплив мав препарат реастим, де було отримано його максимальну ефективність [514].

Набагато кращу збереженість рослин квасолі було відмічено і при дослідженнях у мовах правобережного Лісостепу України. При цьому рівень збереженого врожаю із застосуванням гербіцидів становив 0,48-0,57 т/га. Що вказує на доцільність використання гербіцидів на посівах квасолі [515].

Про позитивний вплив гербіцидів на посіви квасолі відмічає також Шкатула Ю. М. Так, аналізуючи густоту посівів квасолі звичайної та збереженість рослин, слід відмітити, що в цілому рослини сформували достатню їх кількість для забезпечення високої урожайності, відхилення від цього показника були на забур'яненних варіантах у сторону зменшення густоти рослин до 43,3, а на ділянках де застосовувались гербіциди густота посівів була на рівні 46,5-47,2 шт./м<sup>2</sup> [516].

Ряд вчених вказують на доцільність застосування інгібіторів росту на квасолі, зокрема виявлено, що передпосівна обробка насіння інгібіторами росту рослин – Есфоном (0,2%) і Хлормекват-хлоридом (0,25%) викликає підвищення схожості насіння на 27% та 13% відповідно, проте енергія проростання насіння за їх дії знижується. Доведено, що застосування Фолікулу (0,5%) на квасолі було не ефективним, тобто не підвищує лабораторної схожості насіння [382]. Інші доводять, що, обробка насіння Фолікуром зменшувала схожість насіння на 20%. Застосування Хлормекват-хлориду та Есфону призводило до підвищення схожості насіння порівняно до контролю на 13% та 27% відповідно [517].

Встановлено позитивний вплив на посівні якості насіння зернобобових культур (сої, квасолі, сочевиці) передпосівної обробки мікродобривом карбоксилатів природних кислот Аватар-1, імуномодуляторами (стимулятором ростових процесів) Йодіс концентрат та Йодіс концентрат + Se та колоїдними

розчинами наночасток металів (10-9). Суттєво, на 4-8%, підвищує лабораторну схожість насіння застосування імуностимулятора Йодіс концентрат + Se. Підвищенню посівних якостей насіння сприяє застосування наночасток молібдену та марганцю, при цьому лабораторна схожість насіння сої підвищується на 5%, квасолі – на 7%, сочевиці – на 12%. Передпосівна обробка насіння бобових культур розчинами наночасток металів церію, германію, селену та міді приводить до пригнічення проростання [518].

На основі проведених експериментальних досліджень впродовж 2014-2016 років встановлено, що передпосівна обробка насіння штамми мікроорганізмів і біологічним прилипачем та особливостей досліджуваних сортів впливають на показники польової схожості та виживання рослин квасолі звичайної (табл.4.1).

Таблиця 4.1

**Польова схожість та виживання рослин сортів квасолі звичайної, % (середнє за 2014-2016 рр.)\***

Передпосівна обробка насіння (фактор В)	Сорт квасолі (фактор А)			
	Галактика		Славія	
	польова схожість	виживання рослин	польова схожість	виживання рослин
Без обробки (к)	89,4	75,3	91,5	76,2
Rhizobium phaseoli (657a)	92,2	90,5	94,8	78,9
Rhizobium phaseoli (700)	93,4	81,1	95,3	81,7
Rhizobium phaseoli (Ф-16)	94,7	81,3	96,1	82,5
Rhizobium phaseoli (ФК-6)	90,6	77,8	92,6	78,4
Rhizobium phaseoli (657a) + Регоплант + ЕПАА	94,1	90,2	96,2	81,9
Rhizobium phaseoli (700) + Регоплант + ЕПАА	93,8	80,7	96,0	82,4
Rhizobium phaseoli (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА	95,2	81,8	97,3	83,1
Rhizobium phaseoli (ФК-6) + Регоплант + ЕПАА	94,4	81,4	96,5	82,7

\*Джерело: власні дослідження автора

Впродовж трьох років досліджень встановлено, що кращі умови для одержання дружніх сходів квасолі звичайної, найвища польова схожість встановлена у варіанті *Rhizobium phaseoli* (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА і становила у сорту Галактика – 95,2%, у сорту Славія – 97,3%, відповідно. Найнижчі показники відмічено у варіанті без обробки насіння, у сорту Галактика – 89,4%, у сорту Славія – 91,5%.

Вживання рослин квасолі звичайної також залежало від передпосівної обробки насіння, і найвищим було у сорту Галактика у варіантах *Rhizobium phaseoli* (657a) – 90,5%, та *Rhizobium phaseoli* (657a) + Регоплант + ЕПАА – 90,2 %. У сорту Славія у варіанті з передпосівною обробкою насіння *Rhizobium phaseoli* (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА – 83,1%.

Передпосівна обробка насіння сортів квасолі звичайної в подальшому вплинула на формування густоти рослин у фазу технічної стиглості (табл.4.2).

Таблиця 4.2

**Вплив передпосівної обробки насіння на формування густоти рослин сортів квасолі звичайної у фазу технічної стиглості, шт./м<sup>2</sup> (середнє 2014-2016 рр.)\***

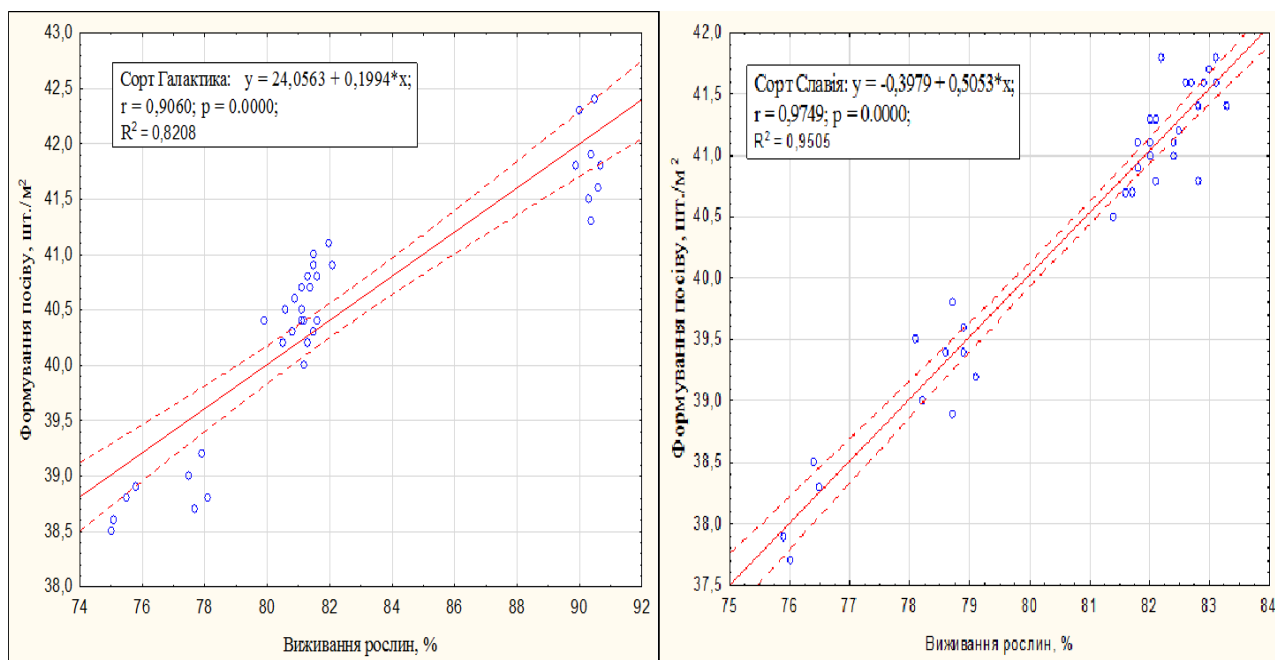
Передпосівна обробка насіння (фактор В)	Сорт квасолі (фактор А)	
	Галактика	Славія
Без обробки (к)	38,7	38,1
<i>Rhizobium phaseoli</i> (657a)	41,6	39,5
<i>Rhizobium phaseoli</i> (700)	40,6	40,9
<i>Rhizobium phaseoli</i> (Ф-16)	40,7	41,3
<i>Rhizobium phaseoli</i> (ФК-6)	38,9	39,2
<i>Rhizobium phaseoli</i> (657a) + Регоплант + ЕПАА	42,1	41,0
<i>Rhizobium phaseoli</i> (700) + Регоплант + ЕПАА	40,4	41,2
<i>Rhizobium phaseoli</i> (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА	40,9	41,6
<i>Rhizobium phaseoli</i> (ФК-6) + Регоплант + ЕПАА	40,2	41,4

\*Джерело: власні дослідження автора

Так найбільша кількість рослин від передпосівної обробки насіння у сорту Галактика становили 40,1-40,9 шт./м<sup>2</sup>, з найнижчим показником без обробки насіння – 37,7 шт./м<sup>2</sup>, у сорту Славія 40,9-41,6 шт./м<sup>2</sup> та 38,1шт./м<sup>2</sup>, відповідно.

У 2015 р. випала менша кількість опадів, він був посушливим, порівняно з 2014р. і 2016 р., тому показники польової схожості, вживання рослин та густоти рослин квасолі звичайної були нижчими, ніж у інші роки дослідження.

В результаті проведеного регресійного аналізу встановлено залежність кількості рослин у фазу технічної стиглості від виживання рослин сортів квасолі звичайної (рис. 4.1). Одержали наступні рівняння апроксимуючої залежності: у сорту Галактика  $y=24,0563+0,1994 \times x$  ( $R^2=0,7258$ ) та у сорту Славія  $y=-0,3979+0,5053 \times x$  ( $R^2=0,9505$ ).



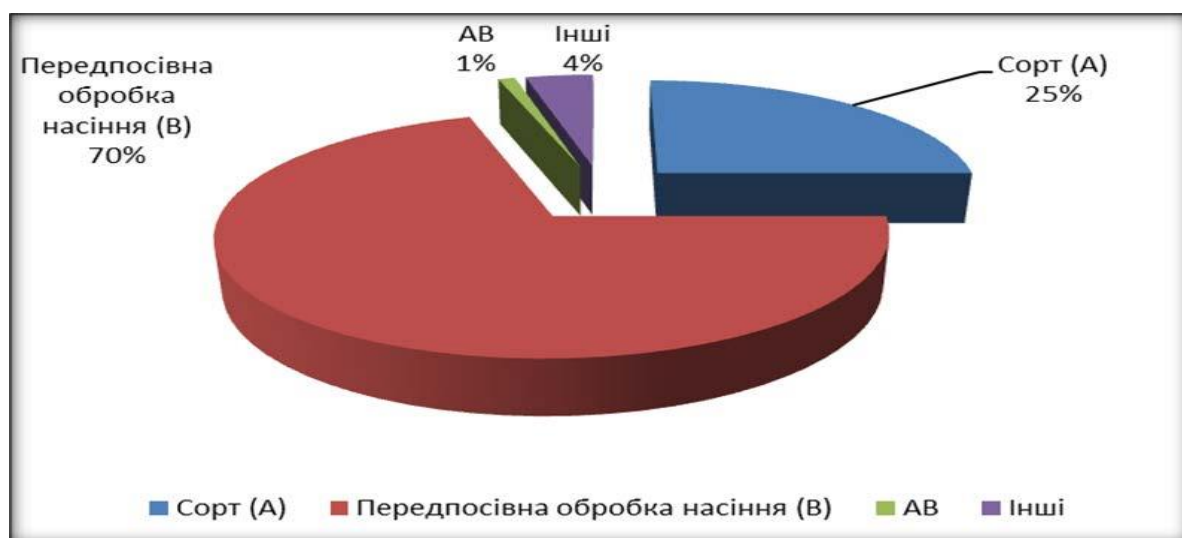
**Рис. 4.1. Залежність кількості рослин у фазу технічної стиглості від виживання рослин сортів квасолі звичайної (середнє за 2014-2016 рр.)\***

\*Джерело: власні дослідження автора

Ця залежність виражалась у вигляді лінійної функції, згідно коефіцієнта кореляції, значення якого по сортах становило  $r = 0,91 - 0,97$  ( $p < 0,05$ ) свідчила про тісний зв'язок між вказаними ознаками. Таким чином, за знайденими рівняннями лінійної функції на рівні 95% ( $p < 0,05$ ) можна передбачити величину кількості рослин у фазу технічної стиглості від виживання рослин сортів квасолі.

Також встановлено, що довірча зона, яка визначає ту ділянку графіка, в межах якої знаходяться значення кількості рослин не є досить широкою, тому прогнози залежності кількості рослин у фазу технічної стиглості від виживання рослин будуть мати високу точність.

Результати дисперсійного аналізу отриманих даних підтверджують, що найбільшою мірою впливу на польову схожість насіння сортів квасолі, за роки досліджень, впливали передпосівна обробка насіння (В) – 70% та сорт (А) – 25%. Всі інші чинники впливу на польову схожість насіння квасолі були не суттєвими, в межах – 5% (рис.4.2).



**Рис. 4.2. Частка впливу сорту та передпосівної обробки насіння на польову схожість квасолі звичайної (середнє за 2014-2016 рр.)\***

*\*Джерело: власні дослідження автора*

Взаємодія факторів (АВ) – 1% та інших факторів – 4%, практично не впливали на зміну польової схожості.

#### **4.2. Фенологічні спостереження за ростом і розвитком рослин квасолі звичайної**

Ріст та розвиток є однією із найважливіших агробіологічних особливостей сільськогосподарських культур, яка відображає складну взаємодію генотипу рослинного організму із комплексом технологічних прийомів та агрокліматичних ресурсів регіону вирощування [519]. Під ростом та розвитком рослин розуміють процеси, які впливають на формування продуктивності рослин та є важливими ознаками, що характеризують продукційний процес сільськогосподарських культур [520]. Проте тривалість вегетаційного періоду рослин, все таки є генетично зумовленою ознакою. Дехто з вчених вважає, що подовження вегетації негативно впливає на розвиток рослин. Таким чином, бутонізація, утворення квіток, час цвітіння, запліднення та утворення бобів у першу чергу залежать від кліматичних умов навколишнього середовища. Відмічено, що оптимальні умови для квасолі спостерігаються за показників температури повітря 20-27 °С і відсотка вологості повітря 45-60 %.

Інтенсивність ростових процесів прямо-пропорційно збільшує продуктивність бобових культур. У свою чергу інтенсифікація процесів росту і розвитку обумовлюється впливом екологічних, едафічних та біотичних чинників, проте домінуюча роль належить сортам і технології вирощування. Важливу роль у формуванні продуктивності бобових культур відіграють технологічні заходи, які за сприятливої взаємодії нерегульованих чинників можуть збільшувати її до 85% і більше. На відміну від технологічних заходів, роль сорту, як одного із найбільш доступних і ефективних засобів

виробництва, постійно зростає і його вклад, за даними останніх років, у приріст врожайності оцінюється в 30-50%.

Тривалість вегетаційного періоду сільськогосподарських культур є генетично обумовленою ознакою. В однорічних культур норма реакції за цією ознакою на зміну умов зовнішнього середовища складає 5-9% [521].

Впровадження у виробництво нових високопродуктивних сортів обумовлює значну потребу в ґрунтовних знаннях та детальному вивченні закономірностей процесів росту та розвитку рослин, що є важливим для розробки сучасних сортових технологій вирощування сільськогосподарських культур. Тому, дослідження особливостей росту, розвитку та формування зернової продуктивності сучасних сортів кvasолі залежно від впливу штамів мікроорганізмів має важливе значення.

У процесі росту і розвитку рослин особливе місце займає динаміка та формування показників фотосинтетичної продуктивності агроценозу, оскільки це є основа урожайності кожної із сільськогосподарських культур. Проте тут варто відзначити, щодо мінуючи роль у фотосинтетичній продуктивності посіву відіграє темп і розміри формування листової поверхні посіву, оскільки з цим показником пов'язані всі інші, що забезпечують продукування урожайності. Так, зокрема, темп і розміри асиміляційної поверхні посіву визначають інтенсивність поглинання вологи, елементів живлення та фотосинтетично-активної радіації сонця. В наслідок такого поєднання посівом нагромаджується суха речовина, що є основою вегетативної маси і накопичення продукції в асиміляції, які пізніше забезпечують кількісне формування урожаю та повноцінність його якісних показників. Тому, в аналіз і процесу росту і розвитку дослідних посівів кvasолі ми детально вивчали динаміку формування площі листової поверхні сортів кvasолі від факторів, щоби були передбачені програмою досліджень.

Під час вирощування кvasолі 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.

Подовження тривалості вегетації рослин кvasолі, як правило, негативно впливає на розвиток рослин кvasолі звичайної. Вчені стверджують, що процес формування квіток, тривалість цвітіння, запліднення і формування бобів у повній мірі залежать від кліматичних факторів. Найкращі умови для запліднення спостерігаються за температури повітря 20-27 °C і вологості 45-60 %. Як правило, тривалість періодів сходи-цвітіння і цвітіння-дозрівання у кvasолі майже однакова, з деякими коливаннями.

У період цвітіння і на початку наливання бобів надземна маса кvasолі починає розвиватись більш інтенсивно і накопичує ще 30 % сухої речовини. Хоча ріст рослин після кінця цвітіння майже припиняється, нагромадження 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 факторів. Дощова і прохолодна

погода гальмує цвітіння, спричиняє обпадання бутонів і стерильність квіток.

Ріст і розвиток рослин квасолі проходить в прямій залежності від умов навколишнього середовища, основними складовими якого є температура повітря і ґрунту, освітленість, вологість та мінеральне живлення. Продуктивність рослин обумовлюється наявністю цих факторів і чим більше вони відповідають біологічним особливостям культури, тим повніше реалізуються потенціальні можливості квасолі [522].

Взагалі тривалість вегетаційного періоду квасолі відрізняється, залежно від сорту, довжини світлового дня, інших вегетаційних умов та інших факторів, в середньому становить 80-120 днів [523, 524]. За проведеними дослідженнями у Лівобережній [525] та Правобережній [526] частинах Лісостепу автори підтверджують, що умови навколишнього середовища мають вагомий вплив на тривалість вегетації квасолі [527].

Під час проведення досліджень насіння квасолі інокулювалося різними штамми мікроорганізмів. В залежності від цього і від кліматичних умов дещо змінювались міжфазні періоди росту і розвитку рослин сортів квасолі звичайної (табл. 4.3, 4.4). У 2015 році порівняно з 2014 і 2016 роками тривалість між фазних періодів дещо відрізнялася, нащо вплинули кліматичні умови.

Проведеними дослідженнями встановлено, що тривалість періоду сівба–повна стиглість у сортів Галактика і Славія за різної передпосівної обробки насіння різнилися на 1-2 доби.

Тривалість вегетаційного періоду у сорту Галактика – 87-89 діб, у сорту Славія – 86-87 діб.

Найдовшим міжфазний період сходи–цвітіння відмічено у сорту Галактика 43-44 доби (рис. 4.3).

У сорту квасолі звичайної Славія тривалість даного періоду становила 41-42 доби, що в середньому на 1-3 доби менше, ніж у сорту Галактика.

Бактеріальні препарати поліфункціональної дії, з використанням асоціативних азотфіксуючих та фосфатмобілізуєчих мікроорганізмів, мають цілий ряд переваг: поліпшують мінеральне живлення рослин, нагромаджують біологічний азот у ґрунті, призводять до зниження темпів розкладання гумусових речовин, покращують структурованість ґрунту, зменшують випаровування вологи ґрунту і масштаби ерозії. Бактеріальні препарати дозволяють одержати екологічно безпечну продукцію, тому що містять природні ефективні штами, які не здатні викликати у людини віддалені генетичні наслідки подібно неприродним хімічно синтезованим засобам. Одним із важливих наслідків використання бактеріальних препаратів поліфункціональної дії є також зниження рівня захворюваності рослин, що дозволить зменшити застосування пестицидів і тим самим поліпшити екологічну ситуацію в агрофітоценозах.

Важливою морфологічною та біологічною характеристикою квасолі є висота рослини, яка значною мірою залежить від умов вирощування. Нашими польовими дослідженнями виявлено, що більшість штамів бульбочкових бактерій мають позитивний вплив на рослини квасолі.

Тривалість міжфазних періодів росту і розвитку рослин залежно від передпосівної обробки насіння квасолісорту

	Славія, діб (середнє за 2014-2016 рр.)*								Сівба – повна стиглість	Вегетаційний період
	Фази росту і розвитку рослин									
	сівба – сходи	сходи – 3-й трійчастий листок	3-й трійчастий листок – бутонізація	бутонізація – початок цвітіння	початок цвітіння – утворення зелених бобів	утворення зелених бобів – налив насіння	налив насіння – фізіологічна стиглість	фізіологічна стиглість – повна стиглість		
Без обробки (к)	9	14	16	13	5	14	12	13	97	87
Rhizobium phaseoli (657a)	9	14	17	13	5	13	13	14	99	89
Rhizobium phaseoli (700)	9	14	17	13	5	13	12	14	98	88
Rhizobium phaseoli (Ф-16)	9	14	16	13	5	14	12	13	97	87
Rhizobium phaseoli (ФК-6)	9	14	17	13	5	13	13	14	99	89
Rhizobium phaseoli (657a) + Реґоплант + ЕПАА	9	14	16	13	5	14	12	14	98	88
Rhizobium phaseoli (700) + Реґоплант + ЕПАА	9	14	16	13	5	14	12	13	97	87
Rhizobium phaseoli (Ф-16) + Реґоплант + ЕПАА	9	14	16	13	5	14	12	14	98	88
Rhizobium phaseoli (ФК-6) + Реґоплант + ЕПАА	9	14	17	13	5	13	13	14	99	89

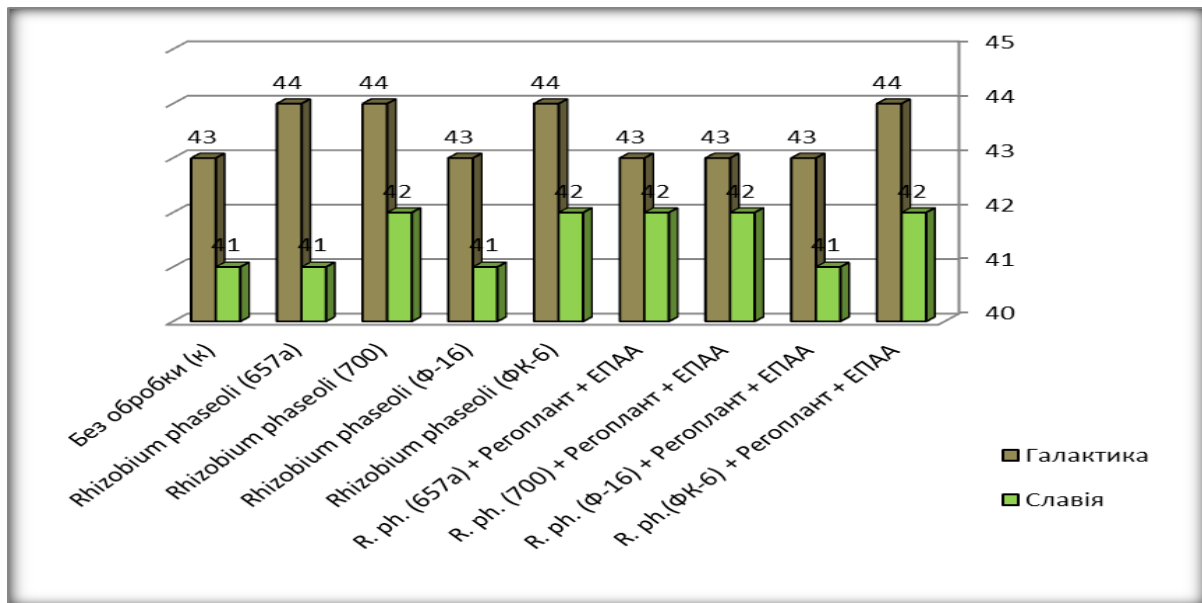
\*Джерело: власні дослідження автора



Тривалість міжфазних періодів росту і розвитку рослин залежно від передпосівної обробки насіння квасолісорту

Славія, діб (середнє за 2014-2016 рр.)\*

Передпосівна обробка насіння (фактор В)	сівба – сходи	Фази росту і розвитку рослин							Сівба – повна стиглість	Вегетаційний період
		сходи – 3-й трійчастий листок	3-й трійчастий листок – бутонізація	бутонізація – початок цвітіння	початок цвітіння – утворення зелених бобів	утворення зелених бобів – налив насіння	налив насіння – фізіологічна стиглість	фізіологічна стиглість – повна стиглість		
Без обробки	9	14	15	12	5	15	12	13	96	86
Rhizobium phaseoli (657a)	9	14	15	12	5	15	12	13	96	86
Rhizobium phaseoli (700)	9	14	16	12	5	14	13	13	97	87
Rhizobium phaseoli (Ф-16)	9	14	15	12	5	15	12	13	96	86
Rhizobium phaseoli (ФК-6)	9	14	16	12	5	14	13	13	97	87
Rhizobium phaseoli (657a) + Реґоплант + ЕПАА	9	14	16	12	5	14	12	13	96	86
Rhizobium phaseoli (700) + Реґоплант + ЕПАА	9	14	16	12	5	14	13	13	97	87
Rhizobium phaseoli (Ф-16) + Реґоплант + ЕПАА	9	14	15	12	5	15	12	13	96	86
Rhizobium phaseoli (ФК-6) + Реґоплант + ЕПАА	9	14	16	12	5	14	13	13	97	87



**Рис. 4.3. Тривалість періодусходи–цвітіння рослин сортів квасолі звичайної залежно від передпосівної обробки насіння (середнє за 2014-2016 рр.)\***

\*Джерело: сформовано автором на основі власних досліджень

Результати проведених досліджень в середньому за 2014-2016 роки показали, що висота рослин сортів квасолі звичайної незначно варіювала від передпосівної обробки насіння.

Проведеними дослідженнями встановлено, що тривалість періоду сівба–повна стиглість у сортів Галактика і Славія за різної передпосівної обробки насіння різнилися на 1-2 доби.

Тривалість вегетаційного періоду у сорту Галактика – 87-89 діб, у сорту Славія – 86-87 діб.

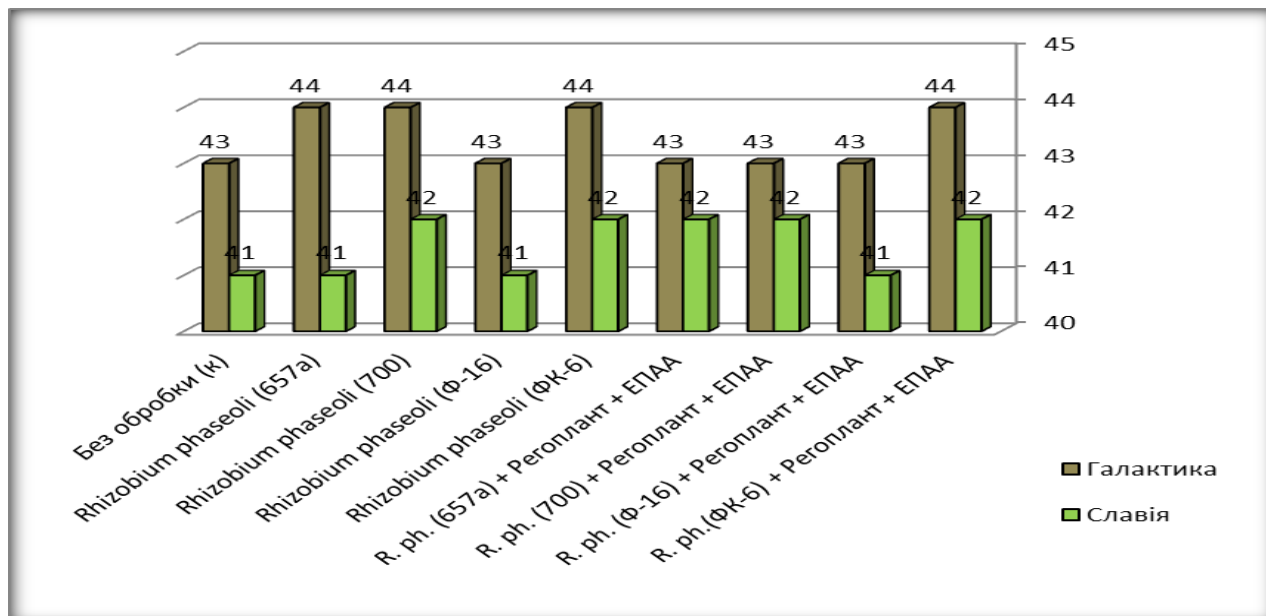
Найдовшим міжфазний період сходи-цвітіння відмічено у сорту Галактика 43-44 доби (рис. 4.4).

У сорту квасолі звичайної Славія тривалість даного періоду становила 41-42 доби, що в середньому на 1-3 доби менше, ніж у сорту Галактика.

Біопрепарати на основі азотфіксуючих та фосфатмобілізуючих мікроорганізмів сприяють підвищенню врожайності сільськогосподарських культур за рахунок трансформації молекулярного азоту атмосфери та нерозчинних фосфорних сполук ґрунту в доступні рослинам форми [528].

Інокуляція вигідна з двох причин. Перша, поліпшення утворення бульбочок і азотфіксації; друга – збільшення популяції Rhizobium у ґрунті. Підвищення кількості чи популяції Rhizobium збільшує норму утворення бульбочок, тому може також збільшитись норма азотфіксації. А також збільшується урожай бобових через азотфіксацію.

Інокуляція насіння квасолі неоднозначно впливала на тривалість різних фаз та особливості їх проходження. Це залежало від сортових особливостей цієї культури [529, 530].



**Рис. 4.4. Тривалість періоду-сходи–цвітіння рослин сортів квасолі звичайної залежно від передпосівної обробки насіння (середнє за 2014-2016рр.)\***

*\*Джерело: сформовано автором на основі власних досліджень*

Однак, бобові культури не завжди позитивно реагують на інокуляцію. Відсутність реакції може бути, тому що присутнє природнє утворення бульбочок, застосоване інокулювання не засвоїлося через невдачу виживання чи колонізацію, чи змагання з корінними Rhizobium, чи несприятливі умови для утворення і функціонування бульбочок (волога, температура, дефіцит поживних речовин). Крім того, штами Rhizobium можуть мати низьку симбіотичну ефективність і ефективність азотфіксації [531].

Важливою морфологічною та біологічною характеристикою квасолі є висота рослини, яка значною мірою залежить від умов вирощування. Висота рослин це показник, який є генетично зумовленою ознакою, однак агрокліматичні фактори середовища також впливають на формування цієї ознаки у конкретного сорту. Деякі автори навіть повідомляють про рівність короткорослих та високорослих сортів.

Нашими польовими дослідженнями виявлено, що більшість штамів бульбочкових бактерій мають позитивний вплив на рослини квасолі. Результати проведених досліджень в середньому за 2014-2016 роки показали, що висота рослин сортів квасолі звичайної незначно варіювала від передпосівної обробки насіння (табл. 4.5, рис. 4.5)

Деяко впливали на висоту рослин і кліматичні показники. За рахунок того, що 2015 рік був посушливіший, ніж 2014 і 2016 роки, висота рослин була деяко нижча.

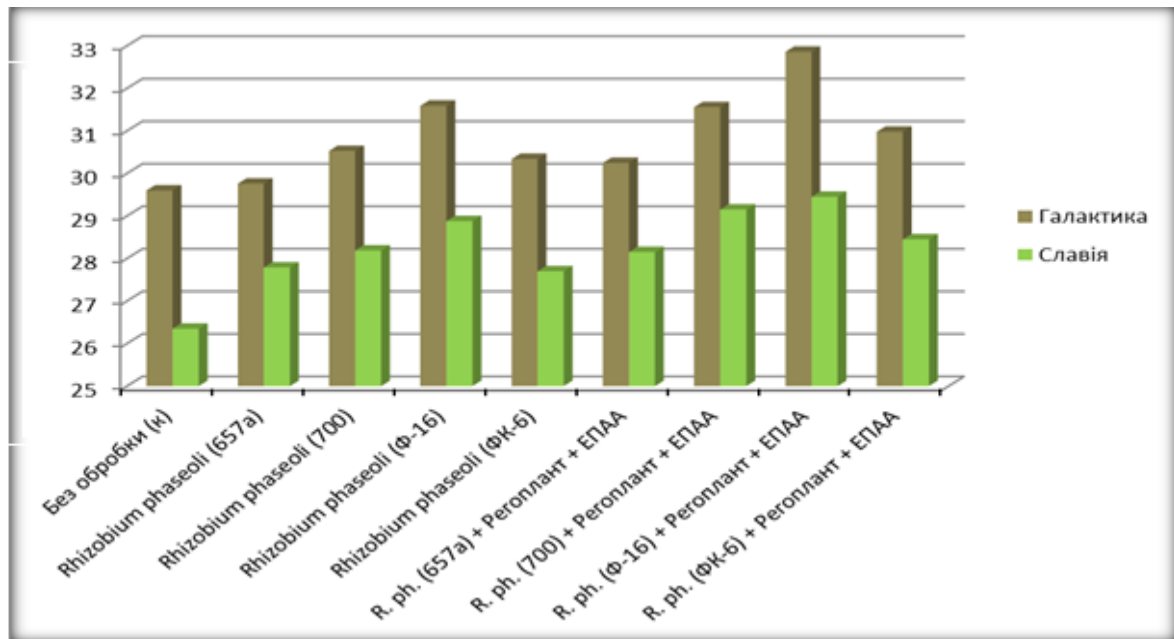
Таблиця 4.5

**Динаміка висоти рослин залежно від передпосівної обробки насіння різних сортів квасолі  
звичайної, см (середнє за 2014-2016 рр.)\***

Передпосівна обробка насіння (фактор В)	Фази росту і розвитку рослин					
	Третій трійчастий листок	бутонізація	цвітіння	утворення зелених бобів	Налив насіння	Фізіологічна стиглість
<b>Сорт Галактика (фактор А)</b>						
Без обробки (к)	10,51	26,91	29,60	32,05	33,06	34,86
Rhizobium phaseoli (657 а)	10,85	27,15	29,76	32,12	33,32	35,12
Rhizobium phaseoli (700)	12,78	27,88	30,53	32,76	34,10	36,30
Rhizobium phaseoli (Ф-16)	14,37	28,97	31,59	33,02	34,84	37,34
Rhizobium phaseoli (ФК-6)	11,66	27,86	30,34	32,64	33,49	35,29
Rhizobium phaseoli (657а) + Реґоплант + ЕПАА	13,25	28,35	30,25	32,49	34,26	36,66
Rhizobium phaseoli (700) + Реґоплант + ЕПАА	15,47	28,97	31,56	33,17	34,25	36,65
Rhizobium phaseoli (Ф-16) + Реґоплант + ЕПАА	16,38	29,78	32,86	33,42	35,87	38,57
Rhizobium phaseoli (ФК-6) + Реґоплант + ЕПАА	13,96	28,56	30,98	32,85	35,14	37,74
<b>Сорт Славія (фактор А)</b>						
Без обробки	8,51	24,01	26,35	28,50	30,71	32,41
Rhizobium phaseoli (657а)	9,68	25,18	27,79	29,95	32,07	34,27
Rhizobium phaseoli (700)	11,62	25,92	28,19	30,42	32,59	35,49
Rhizobium phaseoli (Ф-16)	12,27	26,47	28,88	31,14	33,20	36,20
Rhizobium phaseoli (ФК-6)	9,93	25,33	27,7	29,83	31,95	33,65
Rhizobium phaseoli (657а) + Реґоплант + ЕПАА	12,85	26,75	28,15	30,15	32,12	34,92
Rhizobium phaseoli (700) + Реґоплант + ЕПАА	13,95	26,85	29,15	31,37	33,56	36,76
Rhizobium phaseoli (Ф-16) + Реґоплант + ЕПАА	14,38	26,98	29,45	31,67	33,89	37,19
Rhizobium phaseoli (ФК-6) + Реґоплант + ЕПАА	12,56	26,56	28,45	30,98	33,45	36,65

\*Джерело: власні дослідження автора

Так, найвищі показники висоти рослин сортів квасолі звичайної у фазі трійчатого листка відмічено у сорту Галактика – 10,51-16,38 см, тоді як у сорту Славія – 8,51-14,38 см, за різних варіантів передпосівної обробки насіння. У фазі фізіологічної стиглості висота рослин залежно від передпосівної обробки насіння у сорту Галактика становила 35,12-38,57 см, на контролі (без обробки) – 34,86 см. У сорту Славія – 33,65-37,19 см на контролі (без обробки) – 32,41 см, відповідно.



**Рис. 4.5.** Динаміка висоти рослин сортів квасолі звичайної у фазу цвітіння залежно від передпосівної обробки насіння, см (середнє за 2014-2016 рр)\*

\*Джерело: сформовано на основі власних досліджень автора

На рисунку показано, що найвищі показники висоти рослин квасолі звичайної у фазу цвітіння сорту Галактика за передпосівної обробки насіння *Rhizobium phaseoli* (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА та *Rhizobium phaseoli* (Ф-16). У сорту Славія показники були нижчими і спостерігалась подібна тенденція.

## РОЗДІЛ 5

### ФОТОСИНТЕТИЧНА ДІЯЛЬНІСТЬ РОСЛИН СОРТІВ КВАСОЛІ ЗВИЧАЙНОЇ

Кожний вид рослин зростає у певних екологічних умовах завдяки адаптаційним властивостям найважливішого процесу життєдіяльності – фотосинтезу, який забезпечує енергією всі процеси росту і розвитку, обміну енергії в рослинах, формує основу біопродуктивності, визначає величину та якість врожаю [532]. У процесі фотосинтезу за рік рослини утворюють близько 400 млрд. т органічної речовини, виділяючи в повітря близько 460 млрд. т кисню [533].

Фотосинтез рослин – процес перетворення та запасу сонячної енергії, в результаті якого з простих речовин вуглекислоти та води синтезуються вуглеводи і виділяється молекулярний кисень [534, 535].

У науковій праці Борисенко В. В., відмічається, що фотосинтез є унікальним процесом перетворення енергії світла в енергію хімічних зв'язків, необхідних для загального метаболізму рослин та включає послідовні фотосинтетичні реакції, які здійснюються у рослині за рахунок енергії фотосинтетично-активного спектру сонячної радіації [536].

Процес фотосинтезу – основний шлях надходження енергії Сонця в біосферу Землі. Завдяки фотосинтезу сонячна енергія стає доступною всім живим організмам. Сучасні посіви сільськогосподарських культур використовують лише 0,5-1,5 % фотосинтетично активної радіації та формують 3-6 т/га біологічного врожаю. За підвищення рівня засвоєння ФАР до 4-5 % можливим є отримання врожайності на рівні 10,0-15,0 т/га [537].

Тому, знання закономірностей, які визначають ті чи інші зміни інтенсивності та продуктивності фотосинтезу, а також вміння управляти цими змінами – важлива умова отримання високих врожаїв якісного насіння кvasолі.

Інтенсивність і продуктивність фотосинтезу регулюється комплексом факторів, що взаємозв'язані та взаємозалежні [538]. Щоб охарактеризувати інтенсивність фотосинтезу, достатньо врахувати швидкість поглинання та утворення одного із компонентів, що приймає активну участь у цьому процесі за визначений період часу.

Професор Овчарук О. В., [539] відмічає, що на відміну від інтенсивності фотосинтезу продуктивність його характеризується кількістю грамів сухої речовини, яка нагромаджується в процесі фотосинтезу на одиницю площі листка ( $m^2$ ) за визначений період (добу).

Важливим і єдиним шляхом підвищення продуктивності фотосинтезу є раціональне використання існуючих екологічних факторів за рахунок формування певної оптико-біологічної структури посіву, яка забезпечить найбільший коефіцієнт використання ФАР. Найважливішими показниками фотосинтетичної діяльності рослин, що визначає в кінцевому результаті продуктивність посівів, є площа листової поверхні (ПЛ), фотосинтетичний потенціал (ФП), чиста продуктивність фотосинтезу (ЧПФ) і його господарська

ефективність. Зокрема, на інтенсивність фотосинтезу впливають слідуєчі складові: сортові особливості, довжина вегетаційного періоду, технологічні заходи та якість їх догляду за посівами культурних рослин, ґрунтово-кліматичні умови тощо [540].

Розміри і продуктивність роботи фотосинтезуючого апарату значною мірою визначають урожайність культури. Інтенсивність накопичення органічної речовини залежить від величини листкової поверхні, яка визначається біометричними параметрами рослин і значною мірою залежить від режиму їх живлення, а також тривалістю активної діяльності листя. Потужність асиміляційного апарату і тривалість його роботи є вирішальним фактором продуктивності фотосинтезу, який зумовлює кількісні та якісні показники врожаю [541].

Провідну роль під час поглинання енергії фотосинтетично активної радіації, яка надходить до рослин, відіграють листкові пластинки. Тому важливою умовою підвищення рівня продуктивності рослин є забезпечення формування асиміляційного апарату оптимальних розмірів та підтримання його функціонування протягом максимально тривалого періоду.

### **5.1. Динаміка формування площі листкової поверхні рослин**

Одним з основних шляхів підвищення продуктивності фотосинтезу є формування посівів з оптимально розвиненим листковим апаратом, оскільки саме листок – основний фотосинтезуючий орган, що засвоює сонячну енергію і синтезує органічні сполуки, які використовуються на формування нових органів рослин та врожаю [542].

Для оптимального проходження фотосинтезу посів повинен мати певну площу листкової поверхні. Оптимальна площа листкової поверхні (40-50 тис. м<sup>2</sup>/га) має припадати на період активної вегетації рослин, збільшення площі до 60 тис. м<sup>2</sup>/га та більше є негативним, тому що освітленість у посівах порушується і, відповідно, знижується продуктивність фотосинтезу [543, 544].

Чим швидше в посівах наростає розмір листкового апарату, тим повніше рослинами засвоюється сонячна радіація та енергійніше йде накопичення органічної речовини, що забезпечує підвищення врожайності культури [545, 546].

Щодо динаміки асиміляційної поверхні листків рослин квасолі на одиниці площі, то нині єдиної думки немає. Одні вчені вважають, що на початкових фазах росту і розвитку цей процес відбувається повільно, однак, починаючи з фази бутонізації, швидко наростає, набуваючи максимуму у фазі цвітіння. У фазі наливу бобів спостерігають відмирання листків нижнього ярусу, що призводить до зменшення площі листкового апарату рослин [547, 548].

Ряд науковців у своїх дослідженнях стверджують, що максимальний показник асиміляційної поверхні листків перебуває у періоді наливу бобів, що зумовлюється біологічною особливістю квасолі звичайної [549, 550, 551].

Таблиця 5.1

Динаміка формування площі листкової поверхні рослин на одиниці площі залежно від передпосівної обробки насіння різних сортів квасолі, тис. м<sup>2</sup>/га (середнє за 2014-2016 рр.)\*

Передпосівна обробка насіння (фактор В)	Фази росту і розвитку рослин						
	сходи	3-й трійчастий листок	бутонізація	цвітіння	утворення зелених бобів	налив насіння	фізіологічна стиглість
Сорт Галактика (фактор А)							
Без обробки (к)	0,71	6,84	13,53	15,97	20,01	23,15	16,57
Rhizobium phaseoli (657a)	1,12	7,21	15,07	17,80	22,46	25,45	18,80
Rhizobium phaseoli (700)	1,19	7,34	15,80	16,80	21,36	24,34	18,87
Rhizobium phaseoli (Ф-16)	1,32	7,61	17,97	21,77	26,47	29,56	22,90
Rhizobium phaseoli (ФК-6)	0,89	6,94	14,37	16,47	21,15	24,12	17,53
Rhizobium phaseoli (657a) + Реґоплант + ЕПАА	1,44	7,56	16,12	18,41	23,59	26,47	19,65
Rhizobium phaseoli (700) + Реґоплант + ЕПАА	1,53	7,65	16,32	17,58	22,39	25,34	19,87
Rhizobium phaseoli (Ф-16) + Реґоплант + ЕПАА	1,63	7,84	18,54	22,56	27,45	30,24	23,56
Rhizobium phaseoli (ФК-6) + Реґоплант + ЕПАА	1,28	7,33	15,23	17,65	22,48	25,34	18,45
Сорт Славія (фактор А)							
Без обробки (к)	0,84	7,90	13,07	18,67	23,14	20,32	21,60
Rhizobium phaseoli (657a)	1,17	8,25	13,27	15,90	20,56	19,56	18,87
Rhizobium phaseoli (700)	1,28	8,34	17,20	20,90	25,34	24,36	23,13
Rhizobium phaseoli (Ф-16)	1,42	8,46	19,87	25,27	30,45	28,45	27,90
Rhizobium phaseoli (ФК-6)	0,95	7,49	14,47	18,67	23,24	20,45	20,23
Rhizobium phaseoli (657a) + Реґоплант + ЕПАА	1,47	8,57	14,56	16,35	31,27	28,36	19,58
Rhizobium phaseoli (700) + Реґоплант + ЕПАА	1,61	8,69	18,65	21,45	26,75	25,45	24,51
Rhizobium phaseoli (Ф-16) + Реґоплант + ЕПАА	1,74	8,91	20,23	26,58	31,67	30,86	28,45
Rhizobium phaseoli (ФК-6) + Реґоплант + ЕПАА	1,37	8,43	15,32	19,56	24,25	22,64	21,36

\*Джерело: власні дослідження автора



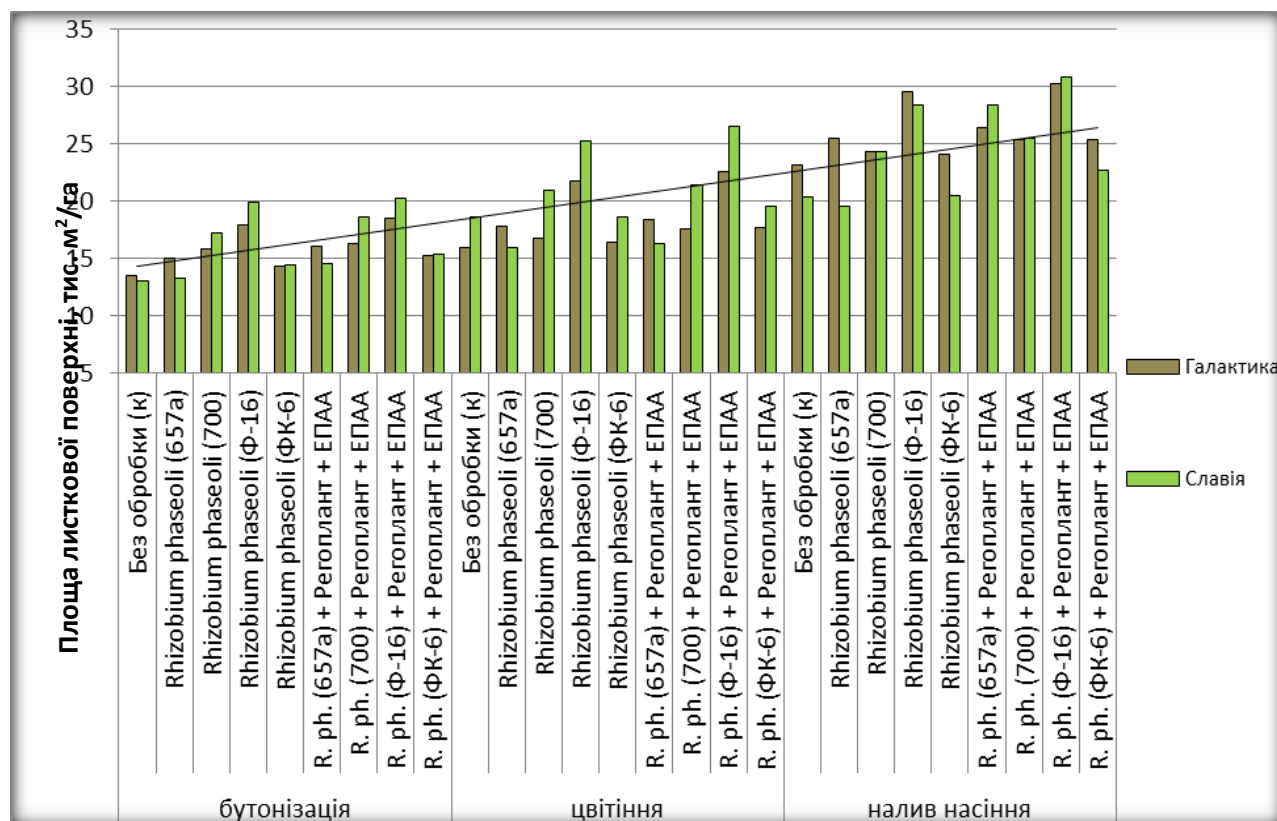
Для покращення показників фотосинтетичного апарату важливо враховувати фактор застосування мінеральних добрив, інокуляції насіння, застосування регуляторів росту рослин.

Упродовж періоду вегетації рослин квасолі формування площі листкової поверхні на досліджуваних варіантах за фазами розвитку проходило з різною інтенсивністю. До фази бутонізації процес йшов відносно повільно, потім – інтенсивно, набуваючи максимуму в фазі наливу бобів, після чого відмічали відмирання листків нижнього ярусу, що призводило до зменшення площі листкового апарату рослин.

В результаті наших досліджень встановлено (див. табл. 5.1., рис. 5.1), що листкова поверхня рослин квасолі інтенсивно росте до фази наливання насіння.

Аналізуючи дані таблиці, виявлено, що площа асиміляційної поверхні рослин відрізняється у досліджуваних сортів квасолі, так у варіантах досліду, з передпосівною обробкою насіння штамом *Rhizobium phaseoli* (Ф-16) у рослин сорту Славія площа листкової поверхні становила 28,45 тис. м<sup>2</sup>/га у фазу наливання насіння, а у рослин сорту Галактика – 29,56 тис. м<sup>2</sup>/га, відповідно.

Найвищі показники площі листкової поверхні у фазу наливання насіння відмічено у рослин квасолі сорту Славія, інокульованих *Rhizobium phaseoli*



**Рис. 5.1. Динаміка формування площі листкової поверхні сортів квасолі звичайної в різні фази росту і розвитку залежно від передпосівної обробки насіння, тис. м<sup>2</sup>/га(середнє за 2014-2016 рр.)\***

\*Джерело: сформовано на основі власних досліджень автора

(Ф-16) спільно з використанням препарату Регоплант з прилипачем ЕПАА – 30,86 тис. м<sup>2</sup>/га, дещо менші у сорту Галактика – 30,24 тис. м<sup>2</sup>/га. Найменша площа листової поверхні була у варіанті без обробки, у сорту Галактика і становила 15,97 тис. м<sup>2</sup>/га

Зростання листової поверхні відрізнялося між різними сортами квасолі і залежало від кліматичних умов. Так, як у 2015 році погодні умови відрізнялися від 2014 і 2016 років, то це вплинуло на площу листової поверхні рослин.

У сорту Галактика наростання площі листя збільшувалась швидше, ніж у сорту Славія. У фазу наливу насіння ці показники майже стали однаковими.

## **5.2. Фотосинтетична діяльність рослин сортів квасолі звичайної**

Продуктивність агроценозів квасолі перебуває у тісному зв'язку з площею листків, тривалістю та інтенсивністю фотосинтезу. Варто враховувати розміри фотосинтетичного апарату, погіршення їх освітленості, погіршення аерації, що в свою чергу, уповільнює перенесення до листя вуглекислого газу і призводить до погіршення умов фотосинтезу, зниження ефективності водопостачання й удобрення рослин квасолі.

Фотосинтез і азотфіксація є найбільш важливими процесами в житті бобових рослин. Регулювання цих процесів в агротехнології, спрямовані на забезпечення ефективного використання необхідних для рослин факторів навколишнього середовища [552, 553].

Підвищення врожайності сільськогосподарських культур відбувається за рахунок поліпшення умов інтенсивності та ефективності фотосинтезу [554, 555], в якому першочергове значення відіграє наростання площі листової поверхні та накопичення нею органічної речовини [556].

Листя зрідженого посіву може освітлюватися світлом високої інтенсивності, але при цьому ККД фотосинтезу залишатиметься низьким. Загущені посіви з надмірно розвинутою листовою поверхнею можуть поглинати енергію сонячного світла достатньо ефективно, проте взаємне затемнення листя зумовить відмирання нижніх листків, знизить продуктивність фотосинтезу, що, в свою чергу, знайде відображення на розвитку репродуктивних органів [557].

Тому важливим є створення таких умов для росту і розвитку рослин, за яких листовий апарат міг би функціонувати з найвищою продуктивністю.

Сформована площа листової поверхні посівів вказує лише на кількісний показник і не завжди корелює із формуванням урожайності. А для забезпечення урожайності важливою умовою є тривалість функціонування сформованої площі листової поверхні посівів, що виражається в показнику фотосинтетичного потенціалу (ФП). Фотосинтетичний потенціал дає сумарну характеристику фотосинтетичної діяльності рослин за період вегетації. Він може варіювати в широких межах, залежно від ґрунтово-кліматичної зони та умов вирощування даної культури.

За допомогою фотосинтетичного потенціалу можна достовірно оцінити фотосинтетичну продуктивність посівів, він у більшій мірі показує реальні можливості посівів формувати органічну речовину ніж площа листової

поверхні рослин [558].

Фотосинтетичний потенціал – це один із найважливіших параметрів, з яким тісно корелює рівень врожайності, він характеризує продуктивність листового апарату та можливість посівів використовувати для фотосинтезу ФАР [559, 560].

Доведено, сумарний фотосинтетичний потенціал посівів сільськогосподарських культур може становити до 3-4 млн×м<sup>2</sup>/добу, найкраща зернова продуктивність у зернобобових культур вважається у посівів із фотосинтетичним потенціалом 2 млн×м<sup>2</sup>/добу з розрахунку на кожні 100 діб вегетації [561, 562].

Фотосинтез і мінеральне живлення складають єдину систему живлення рослин. Суть позитивного впливу мінерального живлення полягає у збільшенні фотосинтетичної продуктивності рослин. Фотосинтетичний апарат квасолі звичайної від сходів до збирання безперервно змінюється, досягаючи максимуму в період «бутонізація–цвітіння» цієї культури. Чим більша площа листового апарату при оптимальній густоті квасолі звичайної, тим вищий фотосинтетичний потенціал на одиницю площі. Біопрепарати, мають позитивний вплив на збільшення площі листової поверхні, чистої продуктивності фотосинтезу та фотосинтетичного потенціалу. Формування урожайності знаходиться в прямій залежності від чистої продуктивності фотосинтезу квасолі звичайної. Використання біопрепаратів має суттєвий позитивний вплив на чисту продуктивність фотосинтезу.

Поєднання в системі удобрення квасолі звичайної азоту біологічно фіксованого із мінеральних добрив створює кращі умови для формування продуктивності рослин цієї культури [563].

Врожайність рослин, передусім, визначається розмірами та продуктивністю роботи листя, яке в процесі росту повинно якомога скоріше досягти оптимального розміру. Одним із факторів, що регулює величину площі асиміляційної поверхні, є поживний режим рослин. Тому в період вегетації необхідно створювати найбільш сприятливі умови живлення, аби рослини сформували оптимальну площу листового апарату для ефективної фотосинтетичної діяльності [564].

Прискорене формування фотосинтетичного апарату у рослин, особливо важливе для культур з коротким вегетаційним періодом та тривалим наростанням листового апарату. Проте відмічено, що загальна площа листків і фотосинтетична продуктивність цілої рослини можуть бути в більшій або меншій мірі у позитивній кореляції з її продуктивністю [565].

В умовах Правобережного Лісостепу України показники фотосинтетичного потенціалу залежали від сортових особливостей та напряму сівби. Показники фотосинтетичного потенціалу посівів зростають від першого трійчастого листка до цвітіння, та від цвітіння до формування зерна, залежно від сорту та напряму сівби. В період першого трійчастого листка-початок цвітіння від напряму сівби Сх.-Зх. найвищі показники ФП рослин квасолі у сортів складає Славія – 525, Станична – 502, та Буковинка 500 тис. м<sup>2</sup> /га×діб. З середніми показниками ФП сорти Щедра – 479, Отрада – 456, Панна – 432,

Несподіванка – 423, Ювілейна 287 – 404, та Надія – 401 тис. м<sup>2</sup>/га×діб. Низькі показники відмічено у сортів Харківська штамбова – 396, Перлина – 388, Галактика – 381, Первомайська – 368, Мавка – 363, Дніпрянка – 336, та Подоляночка – 319 тис. м<sup>2</sup>/га×діб. Від напрямку сівби Пд.-Пн. В цій фазі нами суттєвих змін показника не встановлено і він складає за досліджуваними сортами від 415 до 468 тис. м<sup>2</sup>/га×діб [566, 567].

Фотосинтетична діяльність рослин сортів квасолі звичайної залежить від величини площі листкового апарату і тривалості міжфазних періодів. В результаті наших досліджень виявлено, що рослини сорту Славія мають дещо вищу фотосинтетичну діяльність, в порівнянні з рослинами сорту Галактика (табл. 5.2).

У роки досліджень на фотосинтетичний потенціал також впливали кліматичні умови. Так, у 2014 р. і 2016 р. погодні умови не значно відрізнялися, а у 2015 р. випало менше опадів, тому і накопичення фотосинтетичного потенціалу було дещо нижчим.

Фотосинтетичний потенціал у період бутонізація–цвітіння у рослин квасолі звичайної сорту Галактика був найнижчим у контрольних варіантах проведеного дослідження і становив 0,19 млн. м<sup>2</sup>/га × діб. Аналогічно у період утворення зелених бобів–налив насіння (0,30 млн. м<sup>2</sup>/га × діб). У рослин сорту квасолі звичайної Славія найнижчий показник фотосинтетичного потенціалу був у варіанті досліду без передпосівної обробки насіння і становив 0,19 млн. м<sup>2</sup>/га × діб. У період утворення зелених бобів–налив насіння найнижчий результат спостерігали також у варіанті досліду без передпосівної обробки насіння азотфіксуючими мікроорганізмами – 0,33 млн. м<sup>2</sup>/га × діб.

Найвищі показники досліду у рослин сорту квасолі звичайної Галактика в період бутонізація–цвітіння спостерігалися у варіанті проведеного досліду з передпосівною обробкою насіння штамом мікроорганізмів *Rhizobium phaseoli* (Ф-16) з препаратом Регоплант і прилипачем ЕПАА – 0,27 млн. м<sup>2</sup>/га × діб. У сорту Славія – 0,28 млн. м<sup>2</sup>/га × діб, відповідно.

У фазу цвітіння–утворення зелених бобів найвищі показники фотосинтетичного потенціалу були у варіантах досліду, оброблених азотфіксуючим штамом *Rhizobium phaseoli* (Ф-16) спільно з Регоплант і ЕПАА у обох сортів квасолі з показниками 0,12 млн. м<sup>2</sup>/га × діб і 0,15 млн. м<sup>2</sup>/га × діб відповідно.

Отже, в результаті проведеної роботи, встановлено, що найкращий рівень показника фотосинтетичного потенціалу був у квасолі сорту Славія у міжфазний період утворення зелених бобів–налив насіння у варіантах інокульованих *Rhizobium phaseoli* (Ф-16) спільно з Регоплант + ЕПАА – 0,46 млн. м<sup>2</sup>/га × діб.

Величина роботи асиміляційної поверхні посівів формує кількість нагромадження продуктів асиміляції, які безпосередньо виражаються в урожайності сільськогосподарської культури [568].

Важливим показником асиміляційної діяльності в посівах є також чиста продуктивність фотосинтезу (ЧПФ), що характеризує інтенсивність накопичення сухої речовини врожаю впродовж доби в розрахунку на 1 м<sup>2</sup>

Таблиця 5.2

**Динаміка накопичення фотосинтетичного потенціалу посівів квасолі  
залежно від передпосівної обробки насіння різних сортів квасолі,  
млн. м<sup>2</sup>/га на добу(середнє за 2014-2016 рр.)\***

Передпосівна обробка насіння (фактор В)	Міжфазні періоди					
	сходи – 3-й трійчастий листок	3-й трійчастий листок – бутонація	бутонація – цвітіння	цвітіння – утворення зелених бобів	утворення зелених бобів – налив насіння	налив насіння – фізіологічна стиглість
<b>Сорт Галактика (фактор А)</b>						
Без обробки (к)	0,05	0,16	0,19	0,09	0,30	0,24
Rhizobium phaseoli (657a)	0,06	0,19	0,21	0,10	0,31	0,29
Rhizobium phaseoli (700)	0,06	0,20	0,21	0,10	0,30	0,26
Rhizobium phaseoli (Ф-16)	0,06	0,20	0,26	0,12	0,39	0,31
Rhizobium phaseoli (ФК-6)	0,05	0,18	0,20	0,09	0,29	0,27
Rhizobium phaseoli (657a) + Регоплант + ЕПАА	0,06	0,19	0,22	0,11	0,35	0,28
Rhizobium phaseoli (700) + Регоплант + ЕПАА	0,06	0,19	0,22	0,10	0,33	0,24
Rhizobium phaseoli (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА	0,07	0,21	0,27	0,12	0,40	0,32
Rhizobium phaseoli (ФК-6) + Регоплант + ЕПАА	0,06	0,19	0,21	0,10	0,31	0,28
<b>Сорт Славія (фактор А)</b>						
Без обробки	0,06	0,16	0,19	0,10	0,33	0,25
Rhizobium phaseoli (657a)	0,07	0,16	0,19	0,09	0,33	0,23
Rhizobium phaseoli (700)	0,07	0,20	0,23	0,12	0,35	0,31
Rhizobium phaseoli (Ф-16)	0,07	0,21	0,27	0,14	0,44	0,34
Rhizobium phaseoli (ФК-6)	0,06	0,18	0,20	0,10	0,31	0,27
Rhizobium phaseoli (657a) + Регоплант + ЕПАА	0,07	0,19	0,19	0,12	0,42	0,29
Rhizobium phaseoli (700) + Регоплант + ЕПАА	0,07	0,22	0,24	0,12	0,37	0,32
Rhizobium phaseoli (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА	0,07	0,22	0,28	0,15	0,46	0,35
Rhizobium phaseoli (ФК-6) + Регоплант + ЕПАА	0,07	0,19	0,21	0,11	0,33	0,27

\*Джерело: власні дослідження автора

листяної поверхні рослин. Цей показник знаходиться у певному зворотному зв'язку із розміром листяної поверхні, що є найбільш впливовим фактором у розвитку надземної маси рослини і відіграє важливу роль у поглинанні CO<sub>2</sub> та продукуванні органічної маси в процесі фотосинтезу. Врожайність насіння залежить від величини асимілюючої поверхні, її максимум забезпечується за досягнення сумарної площі листків у період найбільш активного росту рослин квасолі.

Чиста продуктивність відображає ефективність роботи одиниці листяної поверхні рослин, по накопиченню сухої речовини врожаю сільськогосподарських культур, за одиницю часу [569].

Науковці Бабич О.А., Венедиктов О. М., відмічають, що на відміну від формування асиміляційної поверхні листків, динаміка ЧПФ сої протягом вегетаційного періоду мала зворотну залежність: від сходів до початку цвітіння вона зростала, набувала абсолютного максимуму, а з фази цвітіння зменшувалася; за період «кінець цвітіння – утворення бобів» вона знову зростала і досягала другого максимуму, хоча порівняно з першим зростанням ЧПФ друге є помітно нижчим. Далі ЧПФ знову зменшувалася. Таким чином, визначено синусоїдний характер формування показників ЧП. Чиста продуктивність фотосинтезу залежить як від біологічних особливостей культури, так і від комплексу зовнішніх факторів: сонячної радіації, температури повітря, вологості ґрунту, рівня мінерального живлення, а також застосування регуляторів росту рослин [570].

На відміну від загальної продуктивності фотосинтезу, чиста продуктивність не містить органічної маси, яка витрачається рослинами на дихання, а тільки ту, що накопичується за добу. Як наслідок, чиста продуктивність фотосинтезу повніше, ніж площа листків, відображає реальні можливості агробіоценозу щодо синтезу органічної речовини. Вона є одним з найважливіших параметрів, з яким корелює рівень урожайності. При вивченні чистої продуктивності фотосинтезу агроценозів квасолі звичайної було встановлено, що максимум припадав на періоди «третій справжній листок–бутонізація» – 4,9-5,0 г/м<sup>2</sup> за добу та «бутонізація–початок цвітіння» – 4,8-5,3 г/м<sup>2</sup> за добу, помітно знижуючись у подальші фенологічні фази залежно від застосування гербіциду та стимулятора росту [571].

Чиста продуктивність фотосинтезу залежить як від біологічних особливостей культури, так і від зовнішніх чинників: сонячної радіації, температури повітря, вологості ґрунту, мінерального живлення, а також від використання інокулянтів. Чиста продуктивність фотосинтезу краще ніж площа листяної поверхні, відображає реальні можливості агробіоценозу щодо синтезу органічної речовини. Вона є одним із найважливіших параметрів, з яким корелює рівень урожайності культури [572, 573].

Впродовж усього вегетаційного періоду рослин квасолі значення чистої продуктивності фотосинтезу рослин квасолі дещо відрізнялося у фази росту і розвитку (табл. 5.3).

В результаті проведених досліджень показник чистої продуктивності фотосинтезу рослин квасолі сорту Галактика у всі фази росту і розвитку

найменшим був у варіантах без інокулювання і передпосівної обробки насіння препаратами (контроль) із значеннями: у фазу сходи–3-й трійчастий листок – 9,25 г/м<sup>2</sup> за добу; у фазу 3-й трійчастий листок–бутонізація – 3,89 г/м<sup>2</sup> за добу; у фазу бутонізація–цвітіння – 3,78 г/м<sup>2</sup> за добу; у фазу цвітіння–утворення зелених бобів – 3,31 г/м<sup>2</sup> за добу; у фазу утворення зелених бобів–налив насіння – 3,28 г/м<sup>2</sup> за добу і у фазу налив насіння–фізіологічна стиглість – 1,24 г / м<sup>2</sup> за добу.

Найвищий рівень показників отримано у варіанті досліді з передпосівною обробкою насіння штамом *Rhizobium phaseoli* (Ф-16) з Регоплант і ЕПАА у період у сходи – 3-й трійчастий листок – 11,85 г/м<sup>2</sup> за добу; у фазу 3-й трійчастий листок–бутонізація – 5,96 г/м<sup>2</sup> за добу; у фазу бутонізація–цвітіння – 5,87 г/м<sup>2</sup> за добу; у фазу цвітіння–утворення зелених бобів – 6,45 г/м<sup>2</sup> за добу; у фазу утворення зелених бобів–налив насіння – 6,25 г/м<sup>2</sup> за добу і у фазу налив насіння–фізіологічна стиглість – 2,54 г/м<sup>2</sup> за добу.

Найнижчий рівень показника у сорту квасолі Славія отримано у варіантах без обробки насіння у всі фази, відмічені у таблиці, з показниками: у фазу сходи –3-й трійчастий листок – 9,34 г/м<sup>2</sup> за добу; у фазу 3-й трійчастий листок–бутонізація – 4,12 г/м<sup>2</sup> за добу; у фазу бутонізація–цвітіння – 3,82 г/м<sup>2</sup> за добу; у фазу цвітіння–утворення зелених бобів – 3,84 г/м<sup>2</sup> за добу; у фазу зелених бобів–налив насіння – 3,55 г/м<sup>2</sup> за добу і у фазу налив насіння–фізіологічна стиглість – 1,34 г/м<sup>2</sup> за добу. Найвищі показники отримані у варіантах, де проводили інокулювання тим самим штамом *Rhizobium phaseoli* (Ф-16) з Регоплант + ЕПАА (у фазу сходи–3-й трійчастий листок – 11,96 г/м<sup>2</sup> за добу; у фазу 3-й трійчастий листок–бутонізація – 5,74 г/м<sup>2</sup> за добу; у фазу бутонізація–цвітіння – 6,23 г/м<sup>2</sup> за добу; у фазу цвітіння–утворення зелених бобів – 6,06 г/м<sup>2</sup> за добу; у фазу утворення зелених бобів–налив насіння – 5,26 г/м<sup>2</sup> за добу і у фазу налив насіння–фізіологічна стиглість – 2,45 г/м<sup>2</sup> за добу).

Встановлено, що найвищий показник чистої продуктивності фотосинтезу у фазу цвітіння–утворення зелених бобів отримано у рослин сорту квасолі Галактика, у варіантах досліді, оброблених *Rhizobium phaseoli* (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА і становить 6,45 г/м<sup>2</sup> за добу, у рослин сорту Славія цей показник дещо нижчий – 6,06 г/м<sup>2</sup> за добу.

Впродовж усього вегетаційного періоду рослин квасолі звичайної значення чистої продуктивності фотосинтезу рослин квасолі дещо залежало від кліматичних показників у роки дослідження. Так, у 2014 р. і 2016 р. погодні умови не значно відрізнялися, а у 2015 р. випало менше опадів, тому показники чистої продуктивності фотосинтезу були дещо нижчим.

Дуже важливе значення у формуванні господарсько-цінної частини врожаю має динаміка нагромадження надземної повітряно-сухої біомаси рослини. Абсолютна величина її приросту є зовнішнім проявом внутрішніх процесів, що не відбуваються в рослинах. Тому за темпами приросту надземної маси можна робити висновок про вплив того чи іншого чинника на рослину [574, 575, 576, 577].

Розміри та тривалість роботи асиміляційної поверхні і посівів формують

**Динаміка чистої продуктивності фотосинтезу рослин залежно від передпосівної обробки насіння різних сортів квасолі, г/м<sup>2</sup> за добу (середнє за 2014-2016 рр.)\***

Передпосівна обробка насіння (фактор В)	Міжфазні періоди					
	сходи – 3-й трійчастий листок	3-й трійчастий листок – бутонізація	бутонізація – цвітіння	цвітіння – утворення зелених бобів	утворення зелених бобів – налив насіння	налив насіння – фізіологічна стиглість
<b>Сорт Галактика (фактор А)</b>						
Без обробки (к)	9,25	3,89	3,78	3,31	3,28	1,24
Rhizobium phaseoli (657a)	10,24	4,26	4,11	4,55	4,26	1,36
Rhizobium phaseoli (700)	11,59	4,65	4,58	4,57	4,47	1,66
Rhizobium phaseoli (Ф-16)	11,75	5,25	4,81	5,65	5,19	2,01
Rhizobium phaseoli (ФК-6)	10,85	4,48	4,05	3,95	3,71	1,59
Rhizobium phaseoli (657a) + Реґоплант + ЕПАА	11,64	5,87	5,32	5,36	5,26	2,03
Rhizobium phaseoli (700) + Реґоплант + ЕПАА	11,58	5,91	5,69	5,65	5,45	2,42
Rhizobium phaseoli (Ф-16) + Реґоплант + ЕПАА	11,85	5,96	5,87	6,45	6,25	2,54
Rhizobium phaseoli (ФК-6) + Реґоплант + ЕПАА	10,92	5,49	5,01	4,64	5,13	1,98
<b>Сорт Славія (фактор А)</b>						
Без обробки	9,34	4,12	3,82	3,84	3,55	1,34
Rhizobium phaseoli (657a)	10,63	4,35	3,95	4,28	3,76	1,39
Rhizobium phaseoli (700)	11,05	5,24	4,82	4,55	3,98	1,45
Rhizobium phaseoli (Ф-16)	11,81	5,36	5,04	5,03	4,65	2,04
Rhizobium phaseoli (ФК-6)	10,54	4,18	3,92	3,92	3,67	1,68
Rhizobium phaseoli (657a) + Реґоплант + ЕПАА	11,06	5,42	4,65	5,26	4,35	1,77
Rhizobium phaseoli (700) + Реґоплант + ЕПАА	11,25	5,61	5,45	5,69	4,80	1,94
Rhizobium phaseoli (Ф-16) + Реґоплант + ЕПАА	11,96	5,74	6,23	6,06	5,26	2,45
Rhizobium phaseoli (ФК-6) + Реґоплант + ЕПАА	10,78	4,89	4,75	4,06	4,33	1,75

\*Джерело: власні дослідження автора



кількість нагромадження продуктів асиміляції, які безпосередньо виражаються в урожайності сільськогосподарської культури. Для аналізу формування продуктів асиміляції нами було досліджено нагромадження посівами квасолі сухої речовини, яка вивчалась нами впродовж вегетаційного періоду досліджуваних сортів, залежно від передпосівної обробки насіння в умовах регіону.

Проведеними спостереженнями відмічено, що у сортів квасолі звичайної Галактика та Славія підвищується вміст сухої речовини залежно від передпосівної обробки насіння в період росту і розвитку рослин (табл. 5.4).

Аналогічна закономірність спостерігалась упродовж усіх років досліджень і дещо залежала від кліматичних показників. У 2015 р. випало менше опадів, ніж у 2014 р. і 2016 р. рік був посушливіший, тому рівень накопичення сухої речовини рослинами дещо вдрізнявся по рокам.

Результатами проведених досліджень підтверджено, що накопичення відбувається не рівномірно. До фази бутонізації відбувається повільніше, а починаючи із фази цвітіння інтенсивніше і набуває максимуму у фазу наливу насіння (рис. 5.2).

У фазу цвітіння найнижчі показники відмічені у контрольних варіантах досліду без інокулювання (контроль) у рослин обох сортів квасолі Галактика і Славія з показниками 4,92 г/рослину і 5,14 г/рослину, відповідно.

Накопичення кількості сухої речовини у рослин сорту Галактика відбувалося у межах 0,14-16,64 г/рослину. З найбільшим нагромадженням сухої речовини у варіантах досліду з інокуляцією штамом *Rhizobium phaseoli* (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА з значенням – 16,64 г/рослину у фазу фізіологічної стиглості. У рослин сорту Славія були дещо вищі показники у межах 0,14-17,78 г/рослину. З найкращим результатом із інокулюванням штамом *Rhizobium phaseoli* (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА – 17,78 г/рослину.

У фазу наливання насіння накопичення сухої речовини теж відбувалося нерівномірно. У рослин сорту Галактика отримано результати у межах 11,31-14,64 г/рослину. Так, найменше значення спостерігалось у варіантах без обробки насіння (контроль) – 11,31 г/рослину, а найбільше – у варіантах досліду, оброблених штамом *Rhizobium phaseoli* (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА – 14,64 г/рослину. Така ж закономірність спостерігалась і у рослин сорту квасолі Славія, з найнижчим накопиченням у варіантах досліду без обробки насіння – 12,56 г/рослину і найвищим з інокуляцією штамом *Rhizobium phaseoli* (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА – 15,75 г/рослину.

У фазу фізіологічна стиглість у рослин сорту Галактика було отримано показники накопичення кількості сухої речовини у межах – 13,12-16,64 г/рослину. Відповідно з найнижчим показником у варіантах без обробки насіння (контроль) – 13,12 г/рослину і найвищим – у варіантах з інокулюванням штамом *Rhizobium phaseoli* (Ф-16) з Регоплант і ЕПАА – 16,64 г/рослину. Така ж закономірність накопичення сухої речовини у рослин квасолі звичайної спостерігалась і у сорту квасолі Славія. Було отримано найнижчі дані з показником – 14,15 г/рослину (без обробки насіння) і найвищі – 17,78 г/рослину (з обробкою штамом *Rhizobium phaseoli* (Ф-16) з Регоплант і ЕПАА).

Таблиця 5.4

**Динаміка накопичення сухої речовини рослинами залежно від передпосівної обробки насіння різних сортів квасолі, г/рослину (середнє за 2014-2016 рр.)\***

Передпосівна обробка насіння (фактор В)	Фази росту і розвитку							
	сходи	й трійчастий листок	бутонізація	цвітіння	утворення зелених бобів	налив насіння	фізіологічна стиглість	повна стиглість
<b>Сорт Галактика (фактор А)</b>								
Без обробки (к)	0,14	1,07	2,24	4,92	6,45	11,31	13,12	12,27
Rhizobium phaseoli (657a)	0,15	1,25	2,34	5,45	7,34	12,56	14,25	13,44
Rhizobium phaseoli (700)	0,16	1,30	2,45	5,98	7,45	12,78	14,47	13,53
Rhizobium phaseoli (Ф-16)	0,21	1,34	2,85	6,72	7,69	13,25	15,56	14,86
Rhizobium phaseoli (ФК-6)	0,15	1,08	2,28	5,57	6,75	12,64	14,75	13,45
Rhizobium phaseoli (657a) + Реґоплант + ЕПАА	0,18	1,28	2,56	5,78	7,43	13,23	15,45	14,35
Rhizobium phaseoli (700) + Реґоплант + ЕПАА	0,19	1,35	2,64	6,14	7,56	13,86	15,78	14,36
Rhizobium phaseoli (Ф-16) + Реґоплант + ЕПАА	0,22	1,41	2,92	7,26	7,87	14,64	16,64	15,63
Rhizobium phaseoli (ФК-6) + Реґоплант + ЕПАА	0,17	1,12	2,61	6,15	7,47	13,27	15,13	14,25
<b>Сорт Славія (фактор А)</b>								
Без обробки	0,14	1,06	2,20	5,14	6,34	12,56	14,15	13,12
Rhizobium phaseoli (657a)	0,16	1,15	2,31	5,97	6,39	13,75	15,43	14,23
Rhizobium phaseoli (700)	0,16	1,24	2,42	6,46	7,37	13,98	15,78	14,35
Rhizobium phaseoli (Ф-16)	0,20	1,28	2,78	7,03	7,62	14,57	16,25	15,75
Rhizobium phaseoli (ФК-6)	0,14	1,18	2,42	6,57	7,34	13,35	15,36	14,28
Rhizobium phaseoli (657a) + Реґоплант + ЕПАА	0,17	1,25	2,48	6,25	7,45	14,89	16,56	15,45
Rhizobium phaseoli (700) + Реґоплант + ЕПАА	0,18	1,32	2,56	6,89	7,53	14,78	16,85	15,38
Rhizobium phaseoli (Ф-16) + Реґоплант + ЕПАА	0,22	1,39	2,86	7,78	7,74	15,75	17,78	16,56
Rhizobium phaseoli (ФК-6) + Реґоплант + ЕПАА	0,16	1,24	2,54	6,76	7,37	14,64	16,23	15,34

\*Джерело: власні дослідження автора



**Рис. 5.2. Динаміка накопичення сухої речовини рослинами залежновід передпосівної обробки насіння різних сортів квасолі, г/рослину(середнє за 2014-2016 рр.)\***

*\*Джерело: сформовано на основі власних досліджень автора*

Таким чином, накопичення сухої речовини у квасолі під час дослідження у різні фази росту і розвитку відрізнялося, обробка насіння штамми мікроорганізмів сприяла нагромадженню сухої речовини. Максимальне накопичення було у рослин сорту квасолі Славія у варіантах інокульованих штамом *Rhizobium phaseoli* (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА із значенням 17,78 г/рослину.

Кращі умови для одержання дружніх сходів квасолі звичайної, найвища польова схожість встановлена у варіанті *Rhizobium phaseoli* (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА і становила у сорту Галактика – 95,2%, у сорту Славія – 97,3%, відповідно. Найнижчі показники відмічено у варіанті без обробки насіння, у сорту Галактика – 89,4%, у сорту Славія – 91,5%. Вживання рослин квасолі звичайної також залежало від передпосівної обробки насіння, і найвищим було у сорту Галактика у варіантах *Rhizobium phaseoli* (657a) – 90,5%, та *Rhizobium phaseoli* (657a) + Регоплант + ЕПАА – 90,2%. У сорту Славія у варіанті з передпосівною обробкою насіння *Rhizobium phaseoli* (Ф-16) + Регоплант +

ЕПАА – 83,1%. Результати дисперсійного аналізу отриманих даних підтверджують, що найбільшою мірою на польову схожість, за роки досліджень, впливали передпосівна обробка насіння (В) – 70% та сорт (А) – 25%. Взаємодія факторів (АВ) – 1% та інших факторів – 4%, практично не впливали на зміну польової схожості.

Ріст і розвиток рослин квасолі проходить в прямій залежності від умов навколишнього середовища, основними складовими якого є температура повітря і ґрунту, освітленість, вологість та мінеральне живлення. Продуктивність рослин обумовлюється дією цих факторів і чим більше вони відповідають біологічним особливостям культури, тим повніше реалізуються потенціальні можливості квасолі. Результати проведених досліджень в середньому за 2014-2016 роки показали, що висота рослин сортів квасолі звичайної незначно варіювала від передпосівної обробки насіння.

В результаті наших досліджень встановлено, що листкова поверхня рослин квасолі інтенсивно росте до фази наливання насіння. Зростання листкової поверхні відрізнялося між різними сортами квасолі. У сорту Галактика наростання площі листя збільшувалась швидше, ніж у сорту Славія. У фазу налив насіння ці показники майже стали однаковими. Отже, в результаті проведеної роботи, встановлено, що найвищий рівень показника фотосинтетичного потенціалу був у квасолі сорту Славія у міжфазний період утворення зелених бобів–налив насіння у варіантах інокульованих *Rhizobium phaseoli* (Ф-16) спільно з Регоплант + ЕПАА – 0,46 млн. м<sup>2</sup>/га × діб.

## РОЗДІЛ 6

### СИМБІОТИЧНА ДІЯЛЬНІСТЬ СОРТІВ КВАСОЛІ ЗВИЧАЙНОЇ ВІД БАКТЕРІЗАЦІЇ НАСІННЯ

Одна з найбільш унікальних особливостей бобових культур – здатність у симбіозі з азотфіксуючими бульбочковими бактеріями засвоювати азот повітря, завдяки чому у біологічний кругообіг вводиться величезна кількість атмосферного азоту [578, 579, 580, 581, 582].

Симбіотична фіксація молекулярного азоту атмосфери бульбочковими бактеріями роду *Rhizobium* в симбіозі із рослинами родини бобових (Fabaceae), на рівні з іншим глобальним процесом – фотосинтезом, є унікальним біологічним явищем живої природи планетарного значення та одним з головних факторів забезпечення ґрунту біологічним азотом [583, 584, 585, 586, 587].

Завдяки симбіотичній азотфіксації бобові культури формують високі урожаї дешевого рослинного білка без застосування дорогих, енергоємних і екологічно небезпечних мінеральних азотних добрив. Після збирання урожаю більше 30% біологічно фіксованого азоту залишається в післязливних і кореневих залишках та використовується наступними культурами.

На рівень активності симбіозу суттєво впливають комплементарність симбіотичних партнерів, гідротермічний режим, азотне живлення та інші чинники [588, 589, 590, 591].

Розвиток симбіотичного потенціалу бобових рослин відбувається не лише за рахунок ефективної взаємодії генотипів рослини-господаря та симбіотрофного мікроорганізму в певних екологічних умовах, але й регулюванням цього процесу проведенням технологічних заходів, сортових особливостей тощо [592, 593].

Для формування ефективного бобово-ризобіального симбіозу обов'язковим агрозаходом є штучна інокуляція насіння зернобобових культур високоактивними штамми специфічних бульбочкових бактерій, які характеризуються високою екологічною пластичністю і комплементарністю. Створення ефективною симбіотичної системи шляхом ретельного добору симбіотичних партнерів в значній мірі підвищує реалізацію генетичного потенціалу зернобобових культур, зокрема квасолі посівної [594, 595, 596, 597, 598, 599].

Інтродуковані мікроорганізми, прижившись у ризосфері інокульованих рослин, здатні зв'язувати азот з повітря і забезпечувати ним рослину-господаря. У бобових рослин при добре сформованому симбіозі живлення цим елементом майже на 100 % відбувається за рахунок життєдіяльності азотфіксувальних мікроорганізмів [600, 601].

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. Симбіотична система бобових рослин залишається активною упродовж фаз розвитку, які відповідають за формування врожаю, фіксуючи при цьому певну кількість біологічного азоту.

### **6.1. Особливості формування кількості бульбочок у рослин квасолі звичайної**

Інтенсифікація процесу симбіотичної азотфіксації є однією із актуальних проблем сучасного землеробства. Один із перспективних шляхів її вирішення – збільшення частки симбіотрофного азоту в агроценозах при забезпеченні високоефективного симбіозу бобових культур із відповідними видами бульбочкових бактерій.

Квасоля, біологічно спроможна забезпечити накопичення та розвиток симбіотичних мікроорганізмів у власній кореневій системі і завдяки бобово-ризобіальному симбіозу використовувати азот атмосфери та накопичувати його в ґрунті [602].

Потужний розвиток симбіотичного апарату зернобобових культур залежить не лише від ефективної взаємодії генотипів рослини господаря та бульбочкових бактерій в певних умовах вирощування, але і від окремих елементів технології вирощування, а саме: застосування бактеріальних препаратів, виду інокулянту та способу його використання, мінеральних добрив та способів застосування мікродобрив, регуляторів росту рослин тощо [603].

У технологіях вирощування квасолі посівної 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.

Науковці Доктор Н.М., Новицька Н.В., [604] у своїй науковій праці відмічають, що передпосівна інокуляція насіння квасолі сприяє більш активному формуванню жвавих азотфіксувальних бульбочок, ефективний симбіоз характеризується значною кількістю великих бульбочок рожевого кольору на коренях квасолі. За менш активного симбіозу бульбочки були маленького розміру, білого та жовтуватого кольорів. Накопичення великої маси бульбочок закономірно призводить до підвищення активного симбіотичного потенціалу.

Взаємодія штамів бактерій з бобовими культурами за наявності фітогормонів потребує детального вивчення, оскільки біологічно активні речовини розглядаються як фактори формування і функціонування системи ґрунт–мікроорганізми–рослина. Їх рекомендовано враховувати під час розробки та впровадження нових підходів управління продукційним процесом бобових культур [605].

Активізація бобово-ризобіальних відносин завдяки впливу біологічно активних речовин відбувається не лише внаслідок сумісного їх застосування одночасно з бактеризацією, а й під час утворення симбіозу на основі галогенних популяцій бульбочкових бактерій [606].

Застосування рістактивууючих речовин для покращання

бобоворизобіального симбіозу має свою специфіку залежно від сортоособливостей, способу застосування, ґрунтового-кліматичних умов тощо. Саме тому важливим завданням є попередня перевірка та розробка прийомів їх застосування, що забезпечуватимуть максимальну ефективність симбіозу [607, 608].

Для підвищення продуктивності симбіотичної азотфіксації в агроценозах необхідно проводити селекцію сортів бобових культур і штамів бульбочкових бактерій, враховуючи конкретні ґрунтового-кліматичні і агротехнічні умови, а також створювати сприятливі умови для ефективного функціонування бобоворизобіального симбіозу [609].

Одним із головних параметрів інтенсивності засвоєння атмосферного азоту квасолі посівної є кількість бульбочок на одній рослині. Підрахунок загальної кількості бульбочок дає змогу оцінити потенційні можливості симбіотичної фіксації азоту рослин квасолі.

Важливими показниками успішного симбіозу квасолі і ризобій є кількість і маса рожевих бульбочок на коренях, особливо в період найбільшої фотосинтетичної активності рослин [610].

Бульбочки на рослинах квасолі звичайної починають формуватися на 12-14 добу після з'явлення сходів, при сприятливих погодно-кліматичних умовах кількість їх збільшується до початку формування бобів [611].

Ріст бульбочок значною мірою залежить від інтенсивності освітлення в посіві. При підвищенні освітленості ріст бульбочок посилюється, що пояснюється ростом інтенсивності процесу фотосинтезу та збільшенням відтоку асимілятів із листків у кореневу систему і бульбочки [612].

Вивчаючи динаміку бульбочкоутворення, ми спостерігали, що кількість ризобіальних наростів у рослин, які досліджували, зростала протягом усього вегетаційного періоду. Дієвим прийомом підвищення ефективності бобоворизобіального симбіозу є використання препаратів на основі активних штамів бульбочкових бактерій [613, 614]

Ефективне використання діяльності бульбочкових бактерій, які фіксують азот з повітря, а також мобілізують важкодоступні форми фосфору з ґрунту, підвищують родючість ґрунту і у кінцевому результаті впливають на норму внесення азотних і фосфорних добрив, що є економічно вигідним аспектом [615].

За результатами досліджень встановлено, що сорт, кліматичні умови, а також передпосівна обробка насіння вплинули на формування кількості і бульбочок у рослин квасолі звичайної у фазу цвітіння (табл. 6.1). Аналогічна залежність щодо динаміки згаданого показника спостерігалась за роками досліджень і подана у додатках I.1-I.3. У посушливий 2015 р. на корінні рослин було отримано меншу кількість бульбочок, ніж у 2014 р. і 2016 р.

У середньому формування загальної кількості бульбочок найбільше відмічено у сорту Галактика – 15,6 шт. у варіанті з передпосівною обробкою насіння штамом *Rhizobium phaseoli* (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА, сорту Славія – 17,5 шт., відповідно. Серед них кількість активних бульбочок становила у сортів: Галактика – 9,5 шт. та Славія – 11,8 шт., відповідно.

Формування кількості бульбочок у сортів квасолі звичайної у варіанті без обробки насіння становить у сорту Галактика активних – 3,7 шт., загальних – 9,6 шт., у сорту – Славія 10,4 та 4,4 шт., відповідно. Це підтверджує збільшення симбіотичної активності рослин за рахунок передпосівної обробки насіння

Таблиця 6.1

**Динаміка кількості бульбочок у рослин квасолі звичайної в фазу цвітіння, шт. на рослині (середнє за 2014-2016 рр.)\***

Передпосівна обробка насіння (фактор В)	Сорт квасолі (фактор А)			
	Галактика		Славія	
	Кількість бульбочок, шт.			
	загальна	активних	загальна	активних
Без обробки (к)	9,6	3,7	10,4	4,4
Rhizobium phaseoli (657a)	10,5	4,2	12,2	6,2
Rhizobium phaseoli (700)	12,5	6,8	11,4	5,8
Rhizobium phaseoli (Ф-16)	14,7	8,3	16,6	10,9
Rhizobium phaseoli (ФК-6)	11,9	6,0	12,1	6,2
Rhizobium phaseoli (657a) + Регоплант + ЕПАА	11,4	5,2	12,0	6,3
Rhizobium phaseoli (700) + Регоплант + ЕПАА	13,3	7,5	12,5	6,4
Rhizobium phaseoli (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА	15,6	9,5	17,5	11,8
Rhizobium phaseoli (ФК-6) + Регоплант + ЕПАА	12,1	6,5	12,6	7,0

\*Джерело: власні дослідження автора

штамами Rhizobium phaseoli.

Фіксація азоту повітря проходить в бульбочках, тому найбільш чітку оцінку даного процесу можна зробити за розвитком симбіотичного процесу. Дослідженнями встановлено, що інтенсивний ріст бульбочок квасолі проходить до фази утворення бобів. Також встановлено, що на наявність спонтанної інокуляції квасолі аборигенними штамми, штучна передпосівна інокуляція насіння сприяє інтенсивній нодуляції.

В результаті інокуляції збільшилась кількість бульбочок на корінні квасолі. Так, підрахунки у фазі цвітіння рослин квасолі сорту Галактика показали, що на контрольних ділянках кількість бульбочок нараховувалось 9,6 шт./рослину. Найбільша кількість 15,6 шт./рослину бульбочок на одній рослині квасолі нараховувалось у варіанті з передпосівною обробкою насіння штамом Rhizobium phaseoli (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА, відповідно маса бульбочок становила 0,54 мг/рослину. Найменша кількість бульбочок (10,4 шт./рослину) сорту Славія у фазу цвітіння на одну рослину була у варіанті без обробки насіння, найбільша – у варіанті з передпосівною обробкою насіння штамом Rhizobium phaseoli (Ф- 16) + Регоплант + ЕПАА (17,5 шт./рослину) з масою бульбочок – 0,57 мг/рослину (рис. 6.1-6.2).



Спостереженнями встановлено, що найбільша кількість бульбочок була у варіантах інокульованих штамом *Rhizobium phaseoli* (Ф-16) спільно з Регоплант + ЕПАА – 17,5 шт./рослину з масою бульбочок – 0,57 мг/рослину сорту.

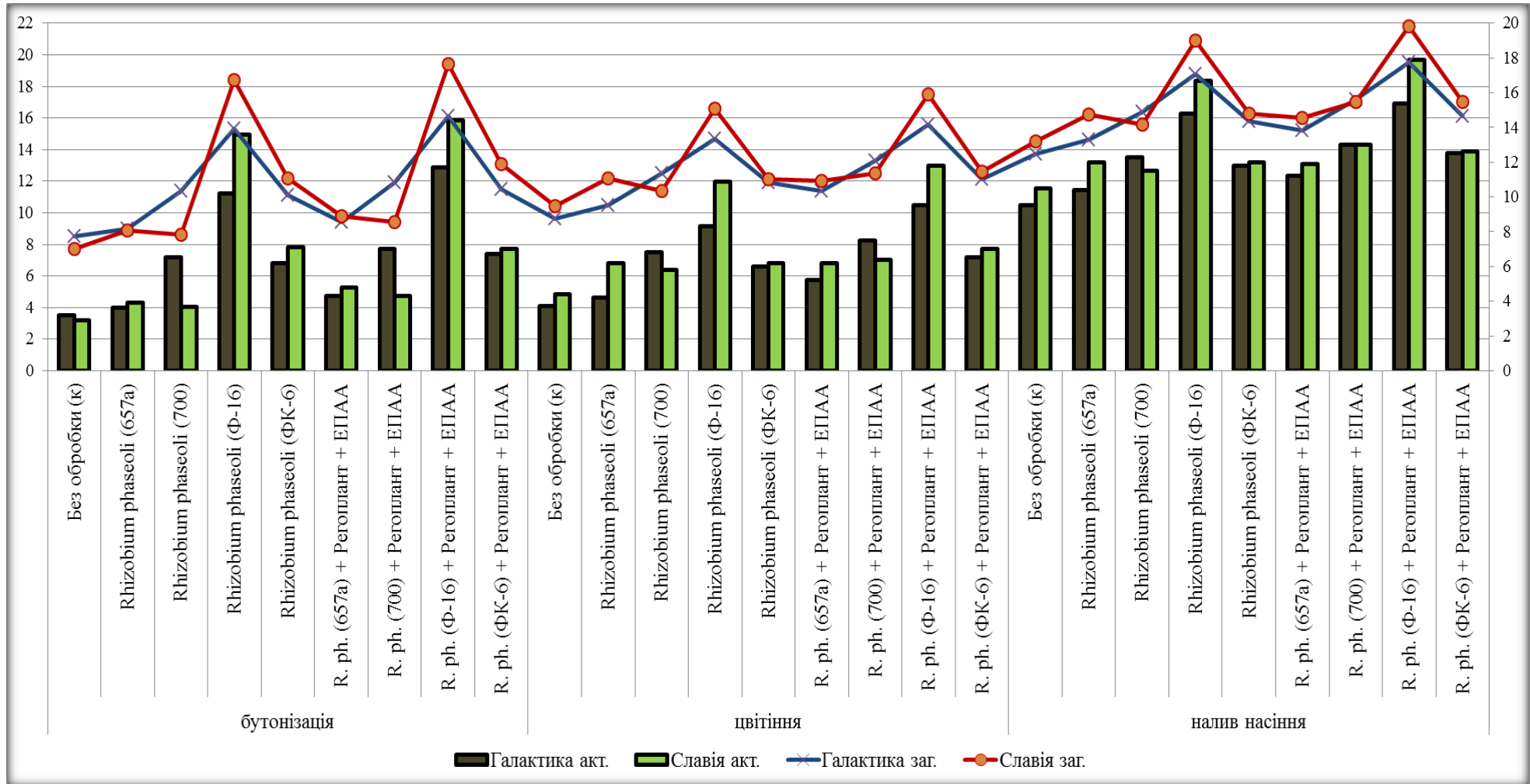


Рис. 6.1. Динаміка кількості бульбочок на коренях рослин сортів квасолі залежно від передпосівної обробки

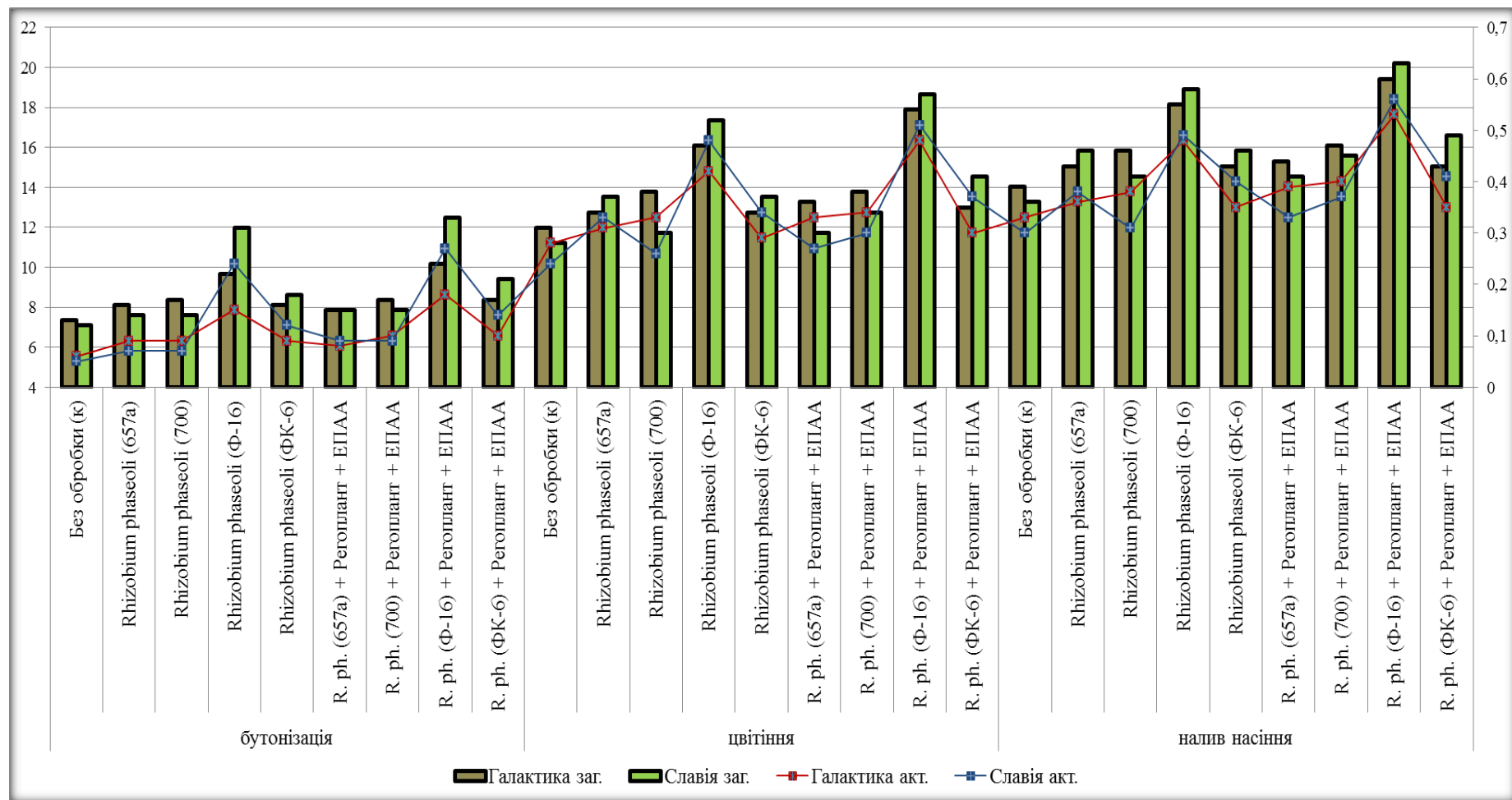


Рис. 6.2. Динаміка маси бульбочок на коренях рослин сортів квасолі залежно від передпосівної обробки

При обрахунках симбіотичної продуктивності надзвичайно важливим завданням є визначення як саме і у якій кількості відбувається накопичення сирової маси бульбочок на одиниці площі і період їх активної роботи, під час якої вони спроможні фіксувати вільний азот атмосфери.

Важливою характеристикою симбіотичної діяльності є маса бульбочок, які впливають на інтенсивність біологічної фіксації азоту з атмосфери. Ступінь активності симбіотичного апарату залежить від середньої маси бульбочок [616].

Для оцінки симбіотичної продуктивності рослин квасолі в посівах, було визначено динаміку нагромадження маси бульбочок на кореневій системі.

Значного впливу на нагромадження маси бульбочок у рослин сортів квасолі звичайної у фазі цвітіння залежно від передпосівної обробки насіння штамми *Rhizobium phaseoli* нашими дослідженнями не встановлено (табл. 6.2, рис. 6.3). Даний показник дещо змінювався у роки дослідження під впливом погодно-кліматичних умов (додаток І.1-І.3). Найменше нагромадження маси бульбочок у рослин сортів квасолі звичайної було у 2015 році, порівнюючи з 2014 і 2016 роками, тому що цей рік був посушливішим, ніж інші роки.

Таблиця 6.2

**Нагромадження маси бульбочок у рослин сортів квасолі звичайної в фазу цвітіння, г/на одну рослину (середнє за 2014-2016 рр.)\***

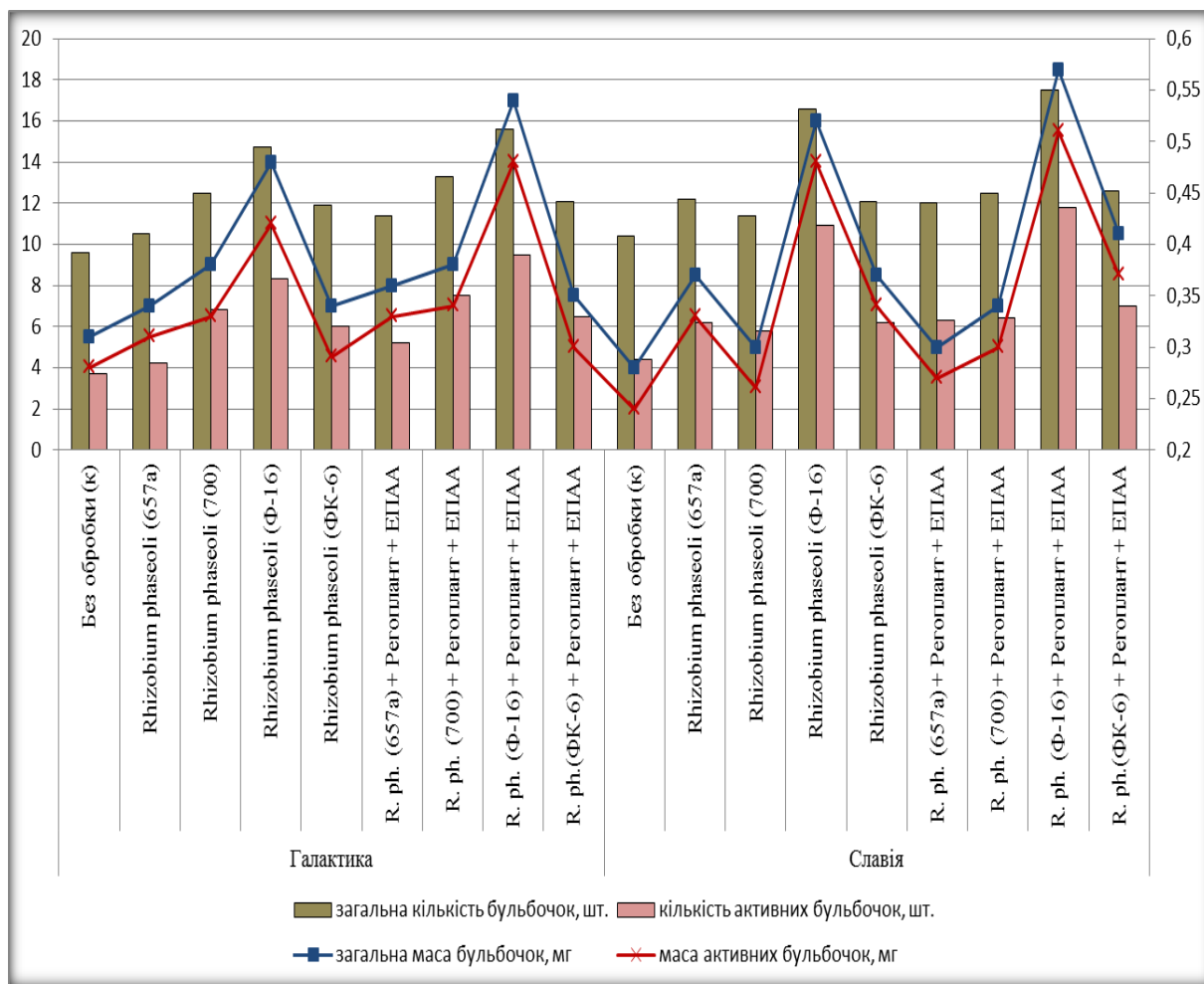
Передпосівна обробка насіння (фактор В)	Сорт квасолі (фактор А)			
	Галактика		Славія	
	Маса бульбочок, г			
	загальна	активних	загальна	активних
Без обробки (к)	0,31	0,28	0,28	0,24
<i>Rhizobium phaseoli</i> (657a)	0,34	0,31	0,37	0,33
<i>Rhizobium phaseoli</i> (700)	0,38	0,33	0,30	0,26
<i>Rhizobium phaseoli</i> (Ф-16)	0,48	0,42	0,52	0,48
<i>Rhizobium phaseoli</i> (ФК-6)	0,34	0,29	0,37	0,34
<i>Rhizobium phaseoli</i> (657a) + Регоплант + ЕПАА	0,36	0,33	0,30	0,27
<i>Rhizobium phaseoli</i> (700) + Регоплант + ЕПАА	0,38	0,34	0,34	0,30
<i>Rhizobium phaseoli</i> (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА	0,54	0,48	0,57	0,51
<i>Rhizobium phaseoli</i> (ФК-6) + Регоплант + ЕПАА	0,35	0,30	0,41	0,37

\*Джерело: власні дослідження автора

За інтенсивністю нагромадження маси бульбочок у рослин у сортів квасолі звичайної в фазу цвітіння виділяється передпосівна обробка насіння штамом *Rhizobium phaseoli* (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА, у сорту Галактика загальна маса бульбочок становила 0,54 г/рослину, з них активних 0,48 г/рослину. У сорту Славія ці показники відповідно становили 0,57 та 0,51

г/рослину, відповідно.

Найнижчі показники відмічено у варіанті без обробки насіння. Так, у сорту Галактика вони становили загальних – 0,31 г/рослину, в т. ч. активних 0,28 г/рослину, у сорту Славія – 0,28 та 0,24 г/рослину.



**Рис. 6.3. Динаміка кількості та маси бульбочок на коренях рослин сортів квасолі звичайної залежно від передпосівної обробки насіння в фазі цвітіння (середнє за 2014-2016 рр.)\***

\*Джерело: власні дослідження автора

Характеризуючи динаміку кількості та маси бульбочок на коренях рослин сортів квасолі звичайної від передпосівної обробки насіння з найвищими показниками виділяється сорт Славія і дещо нижчі показники у сорту Галактика.

Таким чином, передпосівна обробка насіння квасолі звичайної штамми Rhizobium phaseoli підвищує кількість і масу бульбочок на кореннях рослин. Також це підтверджується незначними коливання рівня показників за сортами, що залежить від біологічних особливостей, факторів зовнішнього середовища та погодно-кліматичних умов вирощування.

## 6.2. Загальний і активний симбіотичний потенціал сортів квасолі звичайної

Важливою характеристикою, що відображає стан бобово-ризобіального симбіозу за вегетацію, є загальний та активний симбіотичний потенціал. Тривалість загального симбіозу визначають від появи на коренях сої перших бульбочок до повного їх розпаду, а функціонування активного симбіозу – від появи в бульбочках червоного пігменту до його руйнування [617].

Загальний симбіотичний потенціал за весь період вегетації розраховують за сумою показників за окремі періоди вегетації. Таким же чином проводять обрахунки і активного симбіотичного потенціалу, при розрахунках якого враховується маса лише активних бульбочок, тобто тих, які мають рожеве забарвлення. Активний симбіотичний потенціал є об'єднуючим показником маси активних бульбочок та тривалості їх ефективної роботи, а також у тій чи іншій мірі показує участь окремих факторів на накопичення біологічного азоту [618].

Результатами проведених досліджень встановлено, що формування бульбочок та їхній симбіотичний потенціал залежав від передпосівної обробки насіння (табл. 6.3).

Таблиця 6.3

### Загальний та активний симбіотичний потенціал сортів квасолі звичайної залежно від передпосівної обробки насіння, тис. кг діб/га (середнє за 2014-2016 рр.)\*

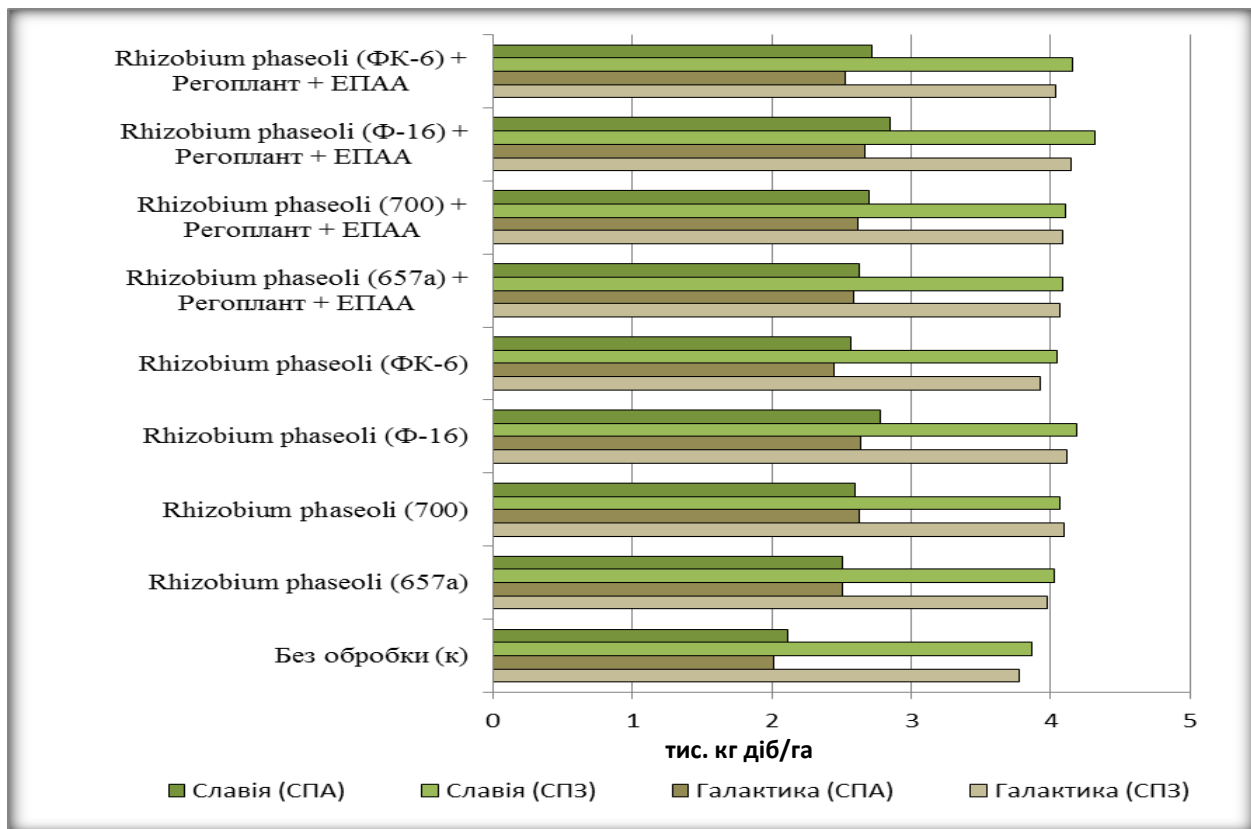
Передпосівна обробка насіння (фактор В)	Сорт квасолі (фактор А)			
	Галактика		Славія	
	Симбіотичний потенціал			
	загальний	активний	загальний	активний
Без обробки (к)	3,77	2,01	3,86	2,12
Rhizobium phaseoli (657a)	3,98	2,51	4,03	2,51
Rhizobium phaseoli (700)	4,10	2,63	4,07	2,60
Rhizobium phaseoli (Ф-16)	4,12	2,64	4,19	2,78
Rhizobium phaseoli (ФК-6)	3,92	2,45	4,05	2,57
Rhizobium phaseoli (657a) + Регоплант + ЕПАА	4,07	2,59	4,09	2,63
Rhizobium phaseoli (700) + Регоплант + ЕПАА	4,09	2,62	4,11	2,70
Rhizobium phaseoli (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА	4,15	2,67	4,32	2,85

Rhizobium phaseoli (ФК-6) + Регоплант + ЕПАА	4,04	2,53	4,16	2,72
---	------	------	------	------

Визначення симбіотичної продуктивності квасолі звичайної включає в себе дослідження динаміки кількості бульбочок на коренях рослин, визначення нагромадження їх маси та симбіотичного потенціалу. Тому, нами було вивчено процес формування, як загальної кількості бульбочок, так і їхньої активної частини, відповідно до досліджуваних факторів.

Зокрема, нами було встановлено, що в середньому за період досліджень, агроценози квасолі звичайної відповідно до сортів квасолі звичайної за передпосівної обробки насіння формували загальний симбіотичний потенціал у варіанті Rhizobium phaseoli (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА у сорту Галактика – 4,15 тис. кг діб/га, у сорту Славія – 4,32 тис. кг діб/га, відповідно.

Для оцінки симбіотичного потенціалу рослин в агроценозах було визначено динаміку симбіотичного потенціалу (рис. 6.4).



**Рис. 6.4. Вплив передпосівної обробки насіння на загальний та активний симбіотичний потенціал сортів квасолі звичайної, тис. кг діб/га (середнє за 2014-2016 рр.)\***

Експериментальними дослідженнями встановлено, що симбіотичний потенціал у фазу цвітіння залежно від сортів та передпосівної обробки насіння квасолі звичайної був більшим за показники у варіанті без обробки насіння.

Найвищі показники були одержані від передпосівної обробки насіння азотфіксуючими штамми бактерій *Rhizobium phaseoli* (Ф-16), *Rhizobium phaseoli* (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА та *Rhizobium phaseoli* (ФК-6) + Регоплант + ЕПАА.

За результатами проведених досліджень встановлено, що формування бульбочок та їхній симбіотичний потенціал дещо змінювався залежно від погодних умов. За посушливих умов, формується менша кількість бульбочок, тому симбіотичний потенціал у такі роки буде дещо нижчим, ніж у інші роки дослідження. У 2015 році погодні умови були менш сприятливими для даного показника порівняно із 2014 р. і 2016 р.

### **6.3. Кількість фіксованого азоту повітря бобово-ризобіальним симбіозом квасолі звичайної**

Підвищення продуктивності квасолі, як і інших бобових культур, можна досягти шляхом передпосівної обробки насіння бульбочковими бактеріями. За активного симбіозу до 50% азоту, що акумулюється в урожаї квасолі, може засвоїтись з повітря. Водночас у квасолі частіше, ніж інших бобових культур, зустрічаються рослини із пізнім або незначним утворенням бульбочок за рахунок спонтанної інокуляції. У цьому випадку для оптимального росту і розвитку рослин необхідно проводити штучну інокуляцію.

Фізіологічні особливості розвитку бобових культур у природних умовах залежать від виду і сорту рослин, штаму ризобій, типу ґрунту попередника, кліматичних умов, використання добрив, пестицидів, агротехніки та багатьох інших чинників. Ефективна взаємодія бульбочкових бактерій з бобовими рослинами забезпечує активацію низки метаболічних процесів їх життєдіяльності й, насамперед, фіксацію атмосферного азоту. В результаті цього поліпшується живлення, підвищується продуктивність та якість сільськогосподарської продукції.

Мікробні препарати, створені на основі монокультури мікроорганізмів, за незаперечної екологічної доцільності їх застосування, мають такий суттєвий недолік, як нестабільність дії. На ефективність бактеріальних препаратів можуть негативно впливати несприятливі чинники навколишнього середовища. Тому, достовірний стимулюючий ефект монопрепарати забезпечують лише у 60-70% випадків їхнього використання. Стабілізувати господарський ефект біопрепаратів можна введенням до їхнього складу мікроорганізмів з доповнюючими екологічними функціями. У зв'язку із цим, стратегія створення біопрепаратів змістилася в напрямку розробки біотехнологій на основі мікроорганізмів [619].

Дослідження симбіотичної діяльності рослин квасолі на дерново-підзолистих важкосуглинкових ґрунтах Закарпаття України показало, що передпосівна інокуляція насіння Ризобіофітом, який містить у складі симбіотичні азотфіксувальні бактерії роду *Rhizobium phaseoli*, сприяє появі бульбочок, більшій їх кількості, масі та активності нітрогеназної системи, показники якої на ділянках з інокуляцією насіння квасолі становили 7,56–86,19



нМоль етилену/рослину/год. [620].

Накопичення великої маси бульбочок закономірно приводить до збільшення активного симбіотичного потенціалу. Спостереження показали, що інокуляція насіння квасолі сприяє більш активному формуванню активних азотфіксуючих бульбочок (табл. 6.4).

Активність фермента нітрогенези, має особливість відновлювати азот та інші компоненти. Вивчення азотфіксуючої активності в кореневій зоні рослин показує її збільшення при передпосівній інокуляції. Даний показник дещо змінюється зажно від погодно-кліматичних умов. У 2015 р. було отримано дещо нижчий рівень нітрогеназної активності порівняно з 2014 р. і 2016 р., так як випала не значна кількість опадів і рік був посушливіший.

Результатами досліджень встановлено, що високою азотфіксуючою активністю сорту Галактика відмічені штами *Rhizobium phaseoli* (Ф-16), нітрогеназна активність була на рівні 8,3895 нМоль етилену на рослину за годину. Найкращий результат азотфіксуючої активності рослин квасолі сорту. Галактика спостерігався у варіанті, інокульованому штамом *Rhizobium phaseoli* (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА з показником 9,4526 нМоль C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>/рослину×годину.

За показниками сорту Славія, найменша азотфіксуюча здатність встановлена у варіанті без обробки насіння (2,0440 нМоль C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>/рослину×годину). Найвищі показники були у варіанті з передпосівною обробкою насіння штамами *Rhizobium phaseoli* (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА, відповідно – 14,2356 нМоль C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>/рослину×годину.

Таблиця 6.4

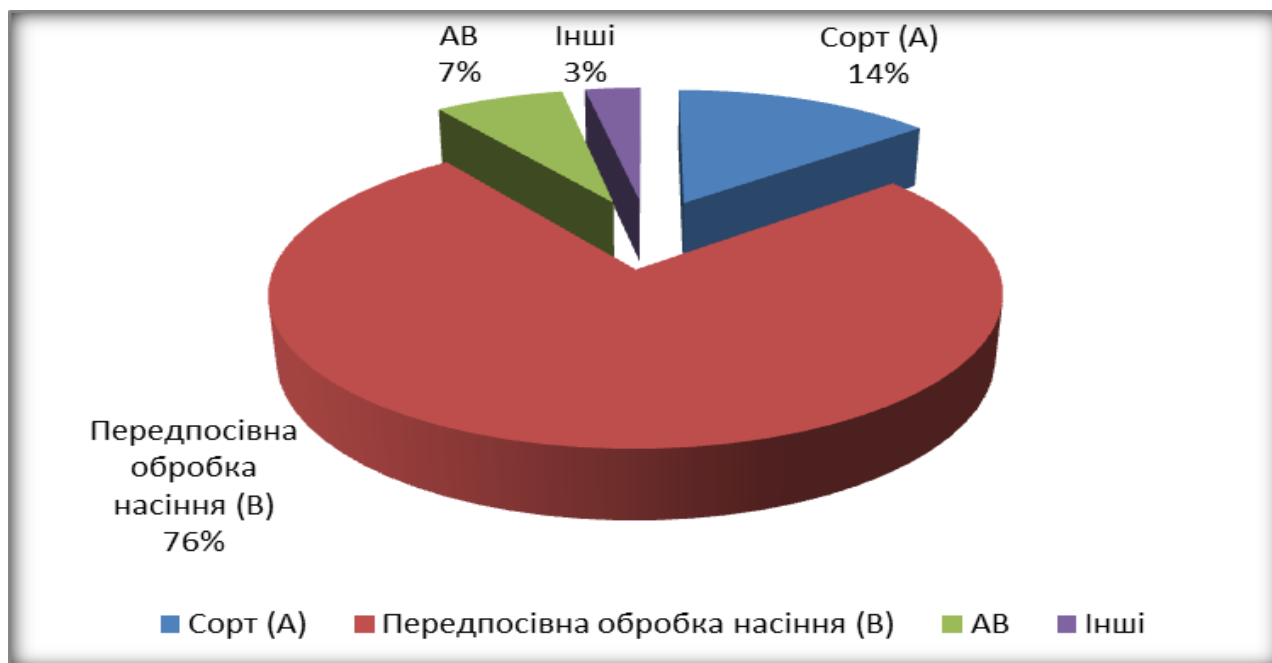
**Нітрогеназна активність рослин (фаза бутонізації) залежно від передпосівної обробки насіння різних сортів квасолі звичайної, нМоль C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>/рослину×годину (середнє за 2014-2016 рр.)\***

Передпосівна обробка насіння (фактор В)	Сорт квасолі (фактор А)	
	Галактика	Славія
Без обробки (к)	2,0440	2,4095
<i>Rhizobium phaseoli</i> (657a)	7,6595	8,7675
<i>Rhizobium phaseoli</i> (700)	7,7735	9,5275
<i>Rhizobium phaseoli</i> (Ф-16)	8,3895	13,1155
<i>Rhizobium phaseoli</i> (ФК-6)	6,6370	9,1215
<i>Rhizobium phaseoli</i> (657a) + Регоплант + ЕПАА	8,6667	9,1250
<i>Rhizobium phaseoli</i> (700) + Регоплант + ЕПАА	8,9612	10,1960
<i>Rhizobium phaseoli</i> (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА	9,4526	14,2356

Rhizobium phaseoli(ФК-6) + Регоплант + ЕПАА	7,2360	9,8623
--	--------	--------

*\*Джерело: сформовано автором на основі проведених досліджень у Інститут фізіології рослин і генетики НАН України*

Результатами дисперсійного аналізу встановлено частки-впливу досліджуваних факторів на нітрогеназну активність рослин (рис. 6.5).



**Рис. 6.5. Частка впливу досліджуваних факторів на нітрогеназну активність рослин квасолі звичайної (середнє за 2014-2016 рр.)\***

*\*Джерело: власні дослідження автора*

Частка впливу досліджуваних елементів технології вирощування квасолі на урожайність зерна квасолі становила: сорт (фактор А) – 14%, передпосівна обробка насіння (фактор В) – 76%, взаємодія факторів АВ – 7%, інші – 3%.

Важливими показниками успішного симбіозу квасолі і ризобій є кількість і маса рожевих бульбочок на коренях, особливо в період найбільшої фотосинтетичної активності рослин. Бульбочки на рослинах квасолі звичайної починають формуватися на 12-14 добу після з'явлення сходів, за сприятливих погодних умов кількість їх збільшується до початку формування бобів. За результатами досліджень встановлено, що сортові особливості а також передпосівна обробка насіння вплинули на формування кількості бульбочок у рослин квасолі звичайної у фазу цвітіння. Найбільша кількість бульбочок була у варіанті інокульованому штамом *Rhizobium phaseoli* (Ф-16) спільно з Регоплант + ЕПАА – 17,5 шт./рослину з масою бульбочок – 0,57 мг/рослину у сорту квасолі звичайної Славія.

Формування бульбочок та їхній симбіотичний потенціал залежав від

передпосівної обробки насіння. В середньому за період досліджень, агроценози квасолі звичайної відповідно до сортів квасолі звичайної за передпосівної обробки насіння формували загальний симбіотичний потенціал у варіанті *Rhizobium phaseoli* (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА у сорту Галактика – 4,15 тис. кг діб/га, у сорту Славія – 4,32 тис. кг діб/га, відповідно.

Високою азотфіксуючою активністю сорту Галактика відмічені штами *Rhizobium phaseoli* (Ф-16), нітрогеназна активність була на рівні 8,3895 нМоль етилену на рослину за годину. Найкращий результат азотфіксуючої активності рослин квасолі сорту Галактика спостерігався у варіанті, інокульованому *Rhizobium phaseoli* (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА з показником 9,4526 нМоль C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> /рослину × годину. За показниками сорту Славія, найвищі показники були у варіанті з передпосівною обробкою насіння штамами *Rhizobium phaseoli* (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА, відповідно 14,2356 нМоль C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> / рослину × годину.

## РОЗДІЛ 7

### ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ СОРТІВ КВАСОЛІ ЗВИЧАЙНОЇ, УРОЖАЙНІСТЬ ТА ХІМІЧНИЙ СКЛАД ЗЕРНА ЗАЛЕЖНО ВІД ПЕРЕДПОСІВНОЇ ОБРОБКИ НАСІННЯ

Морфотип рослин є основою формування важливих господарсько-цінних кількісних ознак (продуктивність, урожайність, якість). Від біометричних показників морфологічних ознак залежать результати оцінки потенціалу будь-якої рослини та зразка, який вивчають [621].

Господарсько-цінні ознаки квасолі звичайної, серед яких найбільш важливими є продуктивність та придатність до механізованого збирання є комплексними показниками, які складаються з багатьох ознак, що мають кількісний вираз та складну генетичну природу. Продуктивність рослин квасолі – складна кількісна ознака, обумовлена взаємодією цілого комплексу показників, з яких найбільше значення мають такі елементи структури врожаю, як кількість насінин у бобі, кількість бобів на рослині та маса насіння з рослини. Висока продуктивність квасолі – результат найбільш оптимального поєднання елементів структури врожаю [622].

Показник насінневої продуктивності рослин (маса насіння з однієї рослини) – один з головних елементів структури врожаю, обумовлений взаємодією багатьох генів, впливом ґрунтово-кліматичних та агротехнічних умов. Наукові дослідження, які проведені ще в 70-тих роках ХХ століття в Молдавії показали, що за оптимальних умов одна рослина різних сортів квасолі може формувативід 36 до 150 бобів на рослині, з високою масою зерен – до 96 г/рослину. Наведені дані свідчать про величезні потенційні можливості сортів квасолі, технологія вирощування яких може забезпечити врожайність 3,5-4,0 т/га і більше. Однак формування елементів продуктивності квасолі звичайної значний впливають погодні умови, сортові особливості, органічне та мінеральне живлення рослин, передпосівна обробка насіння та інше [623].

Підвищення продуктивності бобових залежить від запасів азоту в ґрунті, що може бути отриманий від симбіотичної азотфіксації, як від наявної ефективності природних штамів в ґрунті, або проведення передпосівної обробки штамами *Rhizobium* [624].

Продуктивність квасолі звичайної зумовлюється складним комплексом біологічних, морфологічних та інших властивостей, до яких належать елементи структури врожайності, стійкість до хвороб та шкідників, посухи і низьких температур, вилягання тощо. Кожна з перелічених ознак сама є досить складною й потребує специфічних методів селекції. Серед зернобобових культур для збільшення виробництва високобілкових та якісних продуктів харчування збалансованим вмістом білка, незамінних амінокислот і засвоюваністю. Одне з провідних місць займає серед зернобобових культур квасоля звичайна (*Phaseolus vulgaris L.*).

Згідно з літературними джерелами, у зернобобових культур суттєвою є залежність продуктивності від кількості бобів і насінин на рослині. За цими твердженнями, збільшення кількості насінин на рослині за рахунок кількості

бобів є найефективнішим способом підвищення насінневої продуктивності зернобобових. Одним із важливих елементів кількості та якості насіння квасолі є маса 1000 зерен. Про позитивний вплив крупності насіння на продуктивність зернобобових вказують окремі дослідники [625].

Характеристика довжини головного стебла і довжини від першого плодоносного вузла до верхівки вказує на наявність тенденції позитивного зв'язку цих показників з продуктивністю та врожайністю, що пов'язано з формуванням більшої кількості продуктивних вузлів, бобів і насінин на рослині. Укорочене стебло від першого плодоносного вузла до верхівки небажане, оскільки може зменшитися кількість продуктивних вузлів, бобів і насінин на рослині. Довжина стебла до першого продуктивного вузла (висота кріплення першого бобу) значною мірою впливає на технологічність культури, тобто зменшення втрат урожаю в процесі збирання.

Важливим елементом продуктивності є куцистість, яка позитивно впливає на урожайність. Залежно від сортових особливостей та умов вирощування на рослинах формується від одного до п'яти продуктивних стебел, що й визначає кількість бобів і насіння в ньому. Ступінь куцистості вказує на регенераційні можливості культури і прямо впливає на урожайність за зрідженої густоти.

Важливою ознакою продуктивності рослин квасолі звичайної є кількість плодоносних вузлів, що також визначає урожайність, а з кількістю неплодоносних вузлів спостерігається навіть тенденція до негативної кореляції [626].

Розглядаючи в комплексі ознаки (елементи) продуктивності та їхній вплив на урожайність, можна відмітити, що значною мірою врожайність буде залежати від кількості та маси бобів на рослинах. Кількість бобів, у свою чергу, складається з числа продуктивних вузлів і кількості бобів на них. У переважній більшості сучасних сортів квасолі на вузлі формується 2-4 боби. Із збільшенням бобів на вузлах рослини урожайність підвищується в тому випадку, коли кількість продуктивних вузлів і виповненість бобів не зменшуються, а залишаються на попередньому рівні. У зв'язку з природною направленістю до стабілізації елементів продуктивності (переважно до середнього рівня) одержання високоврожайних сортів шляхом збільшення числа бобів на рослині завдання селекції досить складне, але цілком виправдане. Збільшенням кількості бобів часто приводить до зменшення їхньої виповненості [627].

Рівень урожайності корелює з кількістю насінин на рослині, проте кореляція з кількістю насінин у бобі виражена досить слабо. Кількість насінин у бобі та їхня крупність визначає поняття «виповненість бобів». В урожайних сортів недостача насінин у бобі компенсується за рахунок їхнього розміру.

Поряд з цим кількість насінин у бобі є генетично обумовленою ознакою, за якою і проводять добір у селекційному процесі виведення нового сорту більшості сільськогосподарських культур.

Аналізи маси рослин із насінням свідчать про позитивний зв'язок з урожайністю, проте, з масою рослин без насіння кореляції не було встановлено. В процесі створення сортів зернового напряму використання необхідно

враховувати співвідношення маси зерна до незернової частини врожаю. Чим більше таке співвідношення, тим урожайніший сорт [628].

Необхідно особливу увагу звернути на те, що істотний зв'язок у наших дослідженнях було виявлено між масою бобів із рослини і насінневою продуктивністю та врожайністю. Отже, за цією ознакою доцільно проводити добір продуктивних рослин.

Визначальним в урожайності, про що свідчить коефіцієнт кореляції між ними, є маса насіння з рослини. Проте корективи в цей показник часто вносить густина рослин, які збереглися до збирання. Помилку цього коефіцієнта визначає, як реалізація генотипу в даних умовах та взаємодія генотипу і середовища. Слід також зауважити, що маса зерен з рослини (насіннева продуктивність) знаходиться в досить тісній взаємозалежності від маси рослини, кількості бобів та зерен на рослині [629].

### **7.1. Продуктивність сортів квасолі звичайної залежно від досліджуваних факторів**

У повній мірі реалізувати біолого-генетичний потенціал сортів та отримати максимальну їх продуктивність можливо лише за оптимального співвідношення між структурними елементами врожаю та агротехнічними і погодними умовами під час вегетації рослин [630].

Під впливом конкретних ґрунтово-кліматичних умов, гідротермічних особливостей впродовж вегетації та технологічних заходів, у формуванні структури врожаю відбуваються певні зміни, які відображають забезпеченість рослин факторами життя впродовж їх росту і розвитку [631].

Аналіз структури врожаю – важливий метод оцінювання розвитку культурних рослин. Основні елементи структури врожаю, такі як кількість квіток, бобів і насінин, маса насіння тощо, прямо пов'язані з формуванням зернової продуктивності. На думку М.І. Кондратенка [632], важливо сформулювати оптимальні показники структури врожаю, оскільки між кількістю бобів на рослині, кількістю зерен на рослині, масою зерна з рослин та врожайністю існує пряма кореляційна залежність.

Одержання високого врожаю зерна квасолі звичайної відповідної якості – це кінцева характеристика діяльності системи агробіоценозу культури. Крім цього, необхідно зазначити, що кількість бобів на одиниці площі є вихідною величиною для фази цвітіння, кількість зерен – для фази наливання зерна, маса 1000 зерен – для фази дозрівання [633].

Порівнюючи структурні показники посівів квасолі за роки досліджень між варіантами, можна зробити висновки, що передпосівна обробка насіння рослин має позитивний вплив на урожайність рослин квасолі звичайної досліджуваних сортів, а також дещо змінюється залежно від погодно-кліматичних умов, нижчі значення були у 2015 р., порівняно з 2014 і 2016 роками (табл. 7.1).

Основним показником продуктивності є кількість бобів на одній рослині, яка змінювалась у сорту квасолі Галактика з 4,74 шт. на рослину у варіантах без передпосівної обробки насіння (контроль) до 6,28 шт. на рослину у варіантах з

**Індивідуальна продуктивність рослин залежно від передпосівної обробки  
насіння різних сортів квасолі звичайної (M±m)  
(середнє за 2014-2016 рр.)\***

Передпосівна обробка насіння (фактор В)	Маса зерен, г/рослину	Кількість бобів, шт./рослину	Кількість насінин, шт./рослину	Кількість насінин у бобі, шт.
<b>Сорт Галактика (фактор А)</b>				
Без обробки (к)	3,05±0,34	4,74±0,52	15,41±0,26	3,25±0,73
Rhizobium phaseoli (657a)	3,85±0,50	4,87±0,36	18,02±0,55	3,70±0,47
Rhizobium phaseoli (700)	4,25±0,60	5,64±0,38	21,88±0,71	3,88±0,63
Rhizobium phaseoli (Ф-16)	5,18±0,34	5,97±0,46	23,58±0,97	3,95±0,50
Rhizobium phaseoli (ФК-6)	3,53±0,77	4,87±0,42	18,60±0,77	3,82±0,63
Rhizobium phaseoli (657a) + Регоплант + ЕПАА	4,27±0,29	5,13±0,09	21,29±0,53	4,15±0,25
Rhizobium phaseoli (700) + Регоплант + ЕПАА	4,96±0,32	5,78±0,14	24,85±0,50	4,30±0,99
Rhizobium phaseoli (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА	5,88±0,54	6,28±0,31	26,38±0,88	4,30±0,33
Rhizobium phaseoli (ФК-6) + Регоплант + ЕПАА	4,00±0,10	4,82±0,30	11,26±0,11	4,20±0,44
<b>Сорт Славія (фактор А)</b>				
Без обробки	5,00±0,55	7,96±0,87	18,79±0,32	2,36±0,53
Rhizobium phaseoli (657a)	5,41±0,66	7,98±0,59	20,32±0,62	2,54±0,32
Rhizobium phaseoli (700)	5,75±0,81	8,70±0,59	24,11±0,78	2,77±0,45
Rhizobium phaseoli (Ф-16)	6,90±0,45	8,93±0,69	25,27±1,04	2,83±0,36
Rhizobium phaseoli (ФК-6)	5,49±0,99	7,99±0,69	20,38±0,84	2,55±0,42
Rhizobium phaseoli (657a) + Регоплант + ЕПАА	5,77±0,39	8,83±0,16	23,04±0,57	2,61±0,16
Rhizobium phaseoli (700) + Регоплант + ЕПАА	6,41±0,42	8,94±0,22	24,93±0,50	2,79±0,64
Rhizobium phaseoli (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА	7,74±0,71	9,11±0,45	25,95±0,87	2,85±0,22
Rhizobium phaseoli (ФК-6) + Регоплант + ЕПАА	6,11±0,16	8,88±0,55	23,52±0,22	2,65±0,28
<i>Коефіцієнт варіації (V), %</i>	<i>0,59</i>	<i>0,34</i>	<i>3,76</i>	<i>0,57</i>

\*Джерело: власні дослідження автора

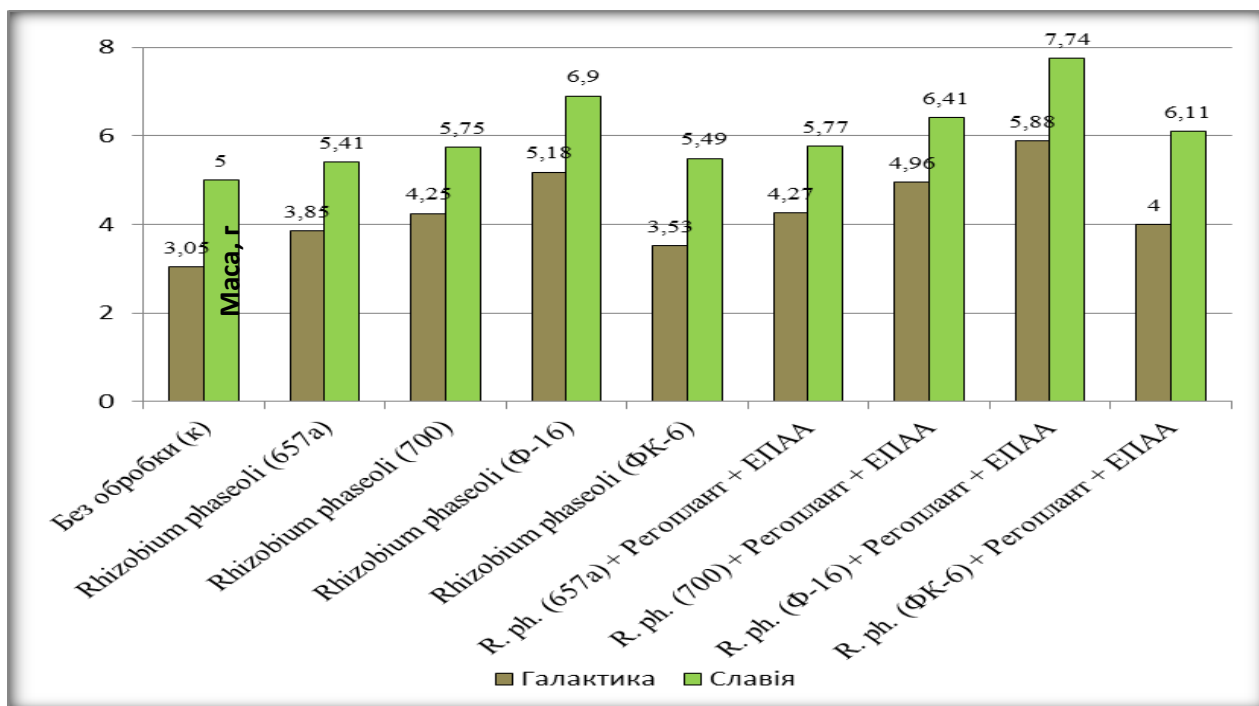
передпосівною обробкою насіння штамом *Rhizobium phaseoli* (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА.

У рослин сорту квасолі Славія цей показник варіював з 7,96 шт. на рослину у варіанті без обробки до 9,1 шт. на рослину у варіанті з передпосівною обробкою насіння штамом *Rhizobium phaseoli* (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА.

Вивчення процесів формування врожаю квасолі звичайної дає можливість встановити ступінь залежності елементів структури врожайності від маси насіння, факторів середовища та особливостей технології вирощування. Сучасні технології вирощування квасолі звичайної являють собою низку агротехнічних заходів, що забезпечують оптимальні умови росту і розвитку рослин, зокрема передпосівна обробка насіння штамми *Rhizobium phaseoli* та застосування біологічно активних речовин та прилипачів.

Важливим біометричним показником є кількість зерен на одній рослині. У рослин сорту Галактика цей показник становив наступні значення кількості насіння коливалась із 15,41 шт. на рослину у варіанті без інокулювання (контоль) до 26,38 шт. на рослину з передпосівною інокуляцією штамом *Rhizobium phaseoli* (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА. У рослин сорту квасолі Славія цей показник змінювалася від 18,79 шт. на рослину у варіанті без обробки насіння, до 25,95 шт. на рослину у варіантах з передпосівною інокуляцією штамом *Rhizobium phaseoli* (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА.

Проведеними дослідженнями та експериментальними даними підтверджено, що з найбільшою масою зерен виділяється сорт Славія у варіанті з передпосівною обробкою насіння штамом *Rhizobium phaseoli* (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА, що становила 7,74 г (див. рис. 7.1).



**Рис. 7.1.** Динаміка маси зерен сортів квасолі звичайної залежно від передпосівної обробки насіння (середнє за 2014-2016 рр.)\*

\*Джерело: власні дослідження автор



У сорту Галактика виділяється варіант з передпосівною обробкою насіння штамом *Rhizobium phaseoli* (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА, де маса зерен становила 5,88 г. Найнижчі показники були відмічені у варіанті без обробки насіння у обох досліджуваних сортів. Вони становили сорту Галактика – 3,05 г. та сорту Славія – 5,0 г.

Отже, передпосівна обробка насіння штамми *Rhizobium phaseoli* має позитивний вплив на біометричні показники рослин квасолі обох сортів, що вивчалися під час дослідження. Передпосівна обробка насіння сприяла росту, як кількості бобів на рослині, так і кількості насіння на рослині, а також мала позитивний вплив на масу зерен квасолі звичайної.

## **7.2. Урожайність зерна сортів квасолі звичайної**

Розроблення сучасних конкурентоспроможних сортових технологій вирощування сприятиме максимальній реалізації генетичного потенціалу продуктивності, збільшенню виробництва високобілкових ресурсів і, відповідно, вирішенню проблеми рослинного білка [634].

Показник урожайності є найважливішою складовою господарської цінності культури, що поєднує продуктивність рослини, біоценозний фактор та умови довкілля [635]. Урожайність – відносний результативний економічний показник стану і розвитку рослинництва та сільськогосподарського виробництва в цілому, в якому відображається діяння природно-економічних умов і рівня організаційно-господарської діяльності сільськогосподарських підприємств [636].

Урожайність зерна є інтегрованим показником дії всіх чинників життя на рослинний організм протягом його росту та розвитку. Значною мірою вона залежить від біологічних особливостей сорту, забезпеченості рослини вологою та елементами живлення, технологічних прийомів вирощування, а також природно-кліматичних умов [637, 638].

Завдяки поліпшеному фосфорному та азотному живленню, важливим способом підвищення урожайності квасолі є інокуляція насіння мікробними препаратами комплексної дії на основі азотфіксуючих і фосформобілізуючих мікроорганізмів [639, 640].

Застосування високоефективних штамів бульбочкових бактерій у симбіозі з сучасними сортами сої здатне підвищувати продуктивність останніх на 10-30 % [641].

Величина врожайності сільськогосподарської культури характеризує доцільність застосування будь-якого агротехнічного заходу [642].

Результатами багатьох досліджень процесів формування урожаю сільськогосподарських культур встановлено [643], що високих біологічних і господарських його рівнів можна досягти лише за оптимізації складових технологій вирощування культури. Важливою умовою одержання високих урожаїв зерна квасолі є наявність у ґрунті доступних елементів живлення, азотфіксуючих бульбочкових бактерій, вологи і температурного режиму. Тому важливо створити оптимальні умови середовища для реалізації потенційної

азотфіксуючої активності квасолі посівної кожного сортотипу в конкретних ґрунтово-кліматичних умовах .

Реакція урожаю квасолі на інокуляцію специфічними мікроорганізмами *Rhizobia* часто змінна і залежить від екологічних і агрономічних факторів. Відсутність реакції на інокуляцію можна пояснити дійсними характеристиками обох: рослини-господаря і бактерій, а також великою чутливістю симбіозу до навколишнього стресу, сухості ґрунту і низької родючості ґрунту [644].

У результаті проведених досліджень виявлено позитивний вплив передпосівної інокуляції насіння квасолі звичайної штамми мікроорганізмів, препаратами на урожайність (табл. 7.2).

Так, у 2014 році рівень урожайності рослин сорту Галактика змінювався з 1,08 т/га (контроль) до 1,95 т/га (*Rhizobium phaseoli* (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА). У рослин сорту Славія рівень урожаю був дещо вищий, від 2,06 т/га у варіанті з передпосівною обробкою штамом *Rhizobium phaseoli* (700) до 2,60 т/га з обробкою *Rhizobium phaseoli* (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА).

В 2015 році урожайність квасолі звичайної була нижчою, у порівнянні з минулим роком, на що вплинули екстремальні погодно-кліматичні умови. Так, у рослин сорту Галактика рівень урожайності коливався від 0,72 т/га (контроль) до 1,61 т/га (*Rhizobium phaseoli* (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА). Рослини сорту Славія, так як і у 2014 році мали дещо вищу урожайність – від 1,50 т/га у варіанті без обробки, до 2,20 т/га з передпосівною обробкою насіння штамом *Rhizobium phaseoli* (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА.

У 2016 році було відмічено найвищу урожайність у рослин досліджуваних сортів квасолі звичайної. Рівень урожайності сорту Галактика був у межах від 1,87 т/га на варіанті без обробки (контроль) до 1,96 т/га з передпосівною обробкою насіння штамом *Rhizobium phaseoli* (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА. У рослин сорту Славія урожайність варіювала від 2,40 т/га у варіанті без обробки, до 2,93 т/га з передпосівною обробкою насіння штамом *Rhizobium phaseoli* (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА.

Результати дисперсійного аналізу подані у додатках М.1-М.5. Порівнюючи урожайність зерна сортів квасолі звичайної за роки проведення експериментальних досліджень, встановлено, що найвищу урожайність отримано у 2016 році.

Передпосівна обробка насіння різними штамми азотфіксуючих мікроорганізмів по різному впливали на рівень врожайності. В середньому за 2014-2016 роки рослини сорту Галактика становили урожайність в межах 1,22-1,96 т/га, у сорту Славія – 2,00-2,58 т/га, відповідно (рис. 7.2).

Оцінка впливу різних штамів *Rhizobium phaseoli* на рослини сортів квасолі Галактика і Славія дала змогу виділити серед них найбільшефективні.

Так, за роки проведення досліджень, відмічено, що максимальна урожайність і максимальний приріст до урожаю (порівнюючи з контролем) одержано у варіантах, де проводили передпосівну обробку насіння штамми *Rhizobium phaseoli* спільно з препаратом Регоплант і прилипачем ЕПАА.

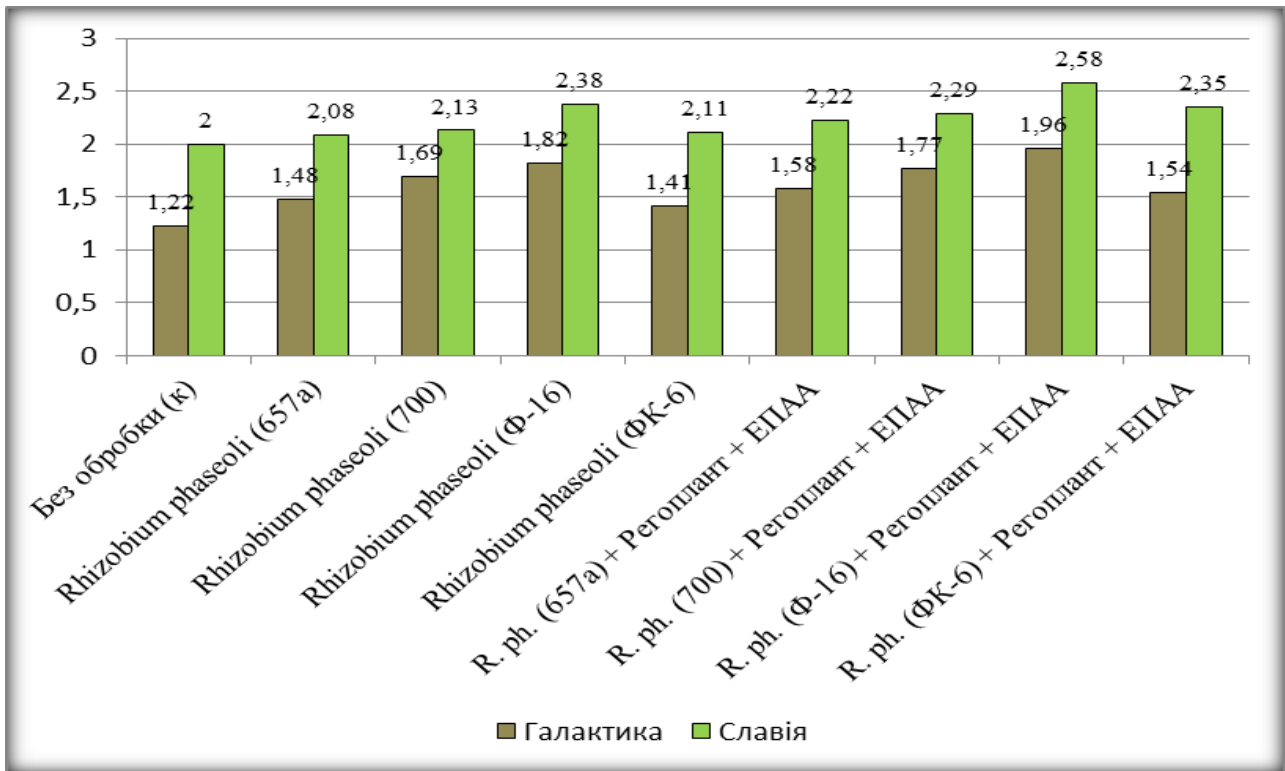
Під час досліджень було отримано такі дані: рослини сорту Галактика мали максимальну урожайність у варіантах з передпосівною обробкою насіння

Таблиця 7.2

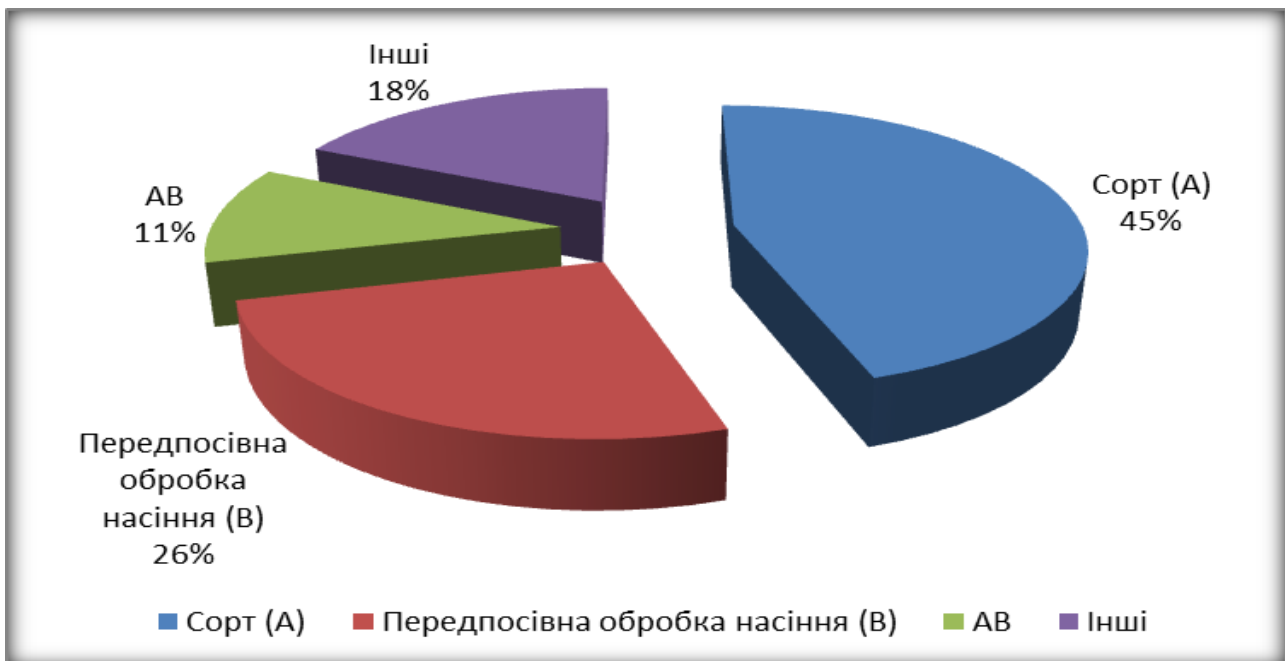
**Урожайність сортів квасолі звичайної залежно від передпосівної обробки насіння, т/га (2014-2016 рр.)\***

Передпосівна обробка насіння (фактор В)	Урожайність, т/га				Приріст	
	2014р.	2015р.	2016р.	середнє	т/га	%
Сорт Галактика (фактор А)						
Без обробки (к)	1,08	0,72	1,87	1,22	–	–
Rhizobium phaseoli (657a)	1,32	1,08	2,05	1,48	0,26	21,31
Rhizobium phaseoli (700)	1,56	1,44	2,06	1,69	0,47	38,25
Rhizobium phaseoli (Ф-16)	1,86	1,54	2,07	1,82	0,60	49,45
Rhizobium phaseoli (ФК-6)	1,25	0,95	2,03	1,41	0,19	15,57
Rhizobium phaseoli (657a) + Регоплант + ЕПАА	1,40	1,12	2,23	1,58	0,14	9,72
Rhizobium phaseoli (700) + Регоплант + ЕПАА	1,63	1,55	2,12	1,77	0,33	22,92
Rhizobium phaseoli (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА	1,95	1,61	2,31	1,96	0,52	36,11
Rhizobium phaseoli (ФК-6) + Регоплант + ЕПАА	1,36	1,22	2,05	1,54	0,10	6,94
Сорт Славія (фактор А)						
Без обробки	2,10	1,50	2,40	2,00	–	–
Rhizobium phaseoli (657a)	2,18	1,58	2,49	2,08	0,08	4,00
Rhizobium phaseoli (700)	2,06	1,66	2,66	2,13	0,13	6,50
Rhizobium phaseoli (Ф-16)	2,35	2,02	2,78	2,38	0,38	19,00
Rhizobium phaseoli (ФК-6)	2,15	1,53	2,65	2,11	0,11	5,50
Rhizobium phaseoli (657a) + Регоплант + ЕПАА	2,38	1,73	2,55	2,22	0,22	11,00
Rhizobium phaseoli (700) + Регоплант + ЕПАА	2,21	1,82	2,85	2,29	0,29	14,50
Rhizobium phaseoli (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА	2,60	2,20	2,93	2,58	0,58	29,00
Rhizobium phaseoli (ФК-6) + Регоплант + ЕПАА	2,36	1,79	2,90	2,35	0,35	17,50
<i>НІР<sub>0,05</sub> т/га А = 0,014; В = 0,012; С = 0,019; АВ = 0,020; АС = 0,032; ВС = 0,026; АВС = 0,045.</i>						

\*Джерело: власні дослідження автора



**Рис. 7.2. Урожайність квасолі звичайної залежно від передпосівної обробки насіння різних сортів, т/га (середнє за 2014-2016 рр.)\***  
 \*Джерело: власні дослідження автора



**Рис. 7.3. Частка впливу досліджуваних факторів на урожайність сортів квасолі (середнє за 2014-2016 рр.)\***  
 \*Джерело: власні дослідження автора

штамом *Rhizobium phaseoli* (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА – 1,96 т/га, із приростом до контролю у 0,74 т/га. Аналогічно у сорту Славія максимальна урожайність становила 2,58 т/га, з приростом до контролю 1,36 т/га, відповідно.

Дослідженнями встановлено, що передпосівна інокуляція впливає на збільшення урожайності зерна квасолі звичайної. Найвищу урожайність отримано у сорту Славія з передпосівною обробкою насіння штамом *Rhizobium phaseoli* (Ф-16) + Регоплант + прилипач ЕПАА, що становила 2,58 т/га.

Таким чином було встановлено, що квасоля звичайна, інокульована штамми *Rhizobium phaseoli* може давати урожаї зерна з порівняно високим приростом. Результати статистичної обробки даних підтверджують, що сорт і передпосівна обробка насіння сортів квасолі звичайної впливає на рівень урожайності ( див. рис. 7.3).

Частка впливу досліджуваних елементів технології вирощування квасолі на урожайність зерна квасолі становила: сорт (фактор А) – 45%, передпосівна обробка насіння (фактор В) – 26%, взаємодія факторів АВ – 11%, інші – 18%.

### **7.3. Вплив передпосівної обробки насіння на хімічний склад зерна сортів квасолі звичайної**

За сучасного розвитку харчової та кормової промисловості рівень урожайності не є кінцевим показником. Важливу роль відіграє якість сільськогосподарської продукції [645].

Якість врожаю – комплексний показник, який формується в процесі вирощування культури. Вона залежить від сорту, типу ґрунту, агротехніки, метеорологічних умов та характеру їхньої взаємодії [646, 647, 648].

Зернобобові культури мають особливість накопичувати у вегетативній масі та в зерні значну кількість білка – це є шляхом вирішення для виробництва високопротеїнових, збалансованих за амінокислотним складом кормів [649, 650].

Цінність квасолі, як продовольчої культури зумовлюється вмістом у зерні 17–32% білка, 41–56% вуглеводів, 0,4–3,5% жиру, 2,2–6,6% клітковини. Білок квасолі за складом амінокислот близький до тваринного рівня молока або м'яса [651].

Квасоля характеризуються високим вмістом білка у зерні, який у 2–3рази вищий ніж у зерні хлібних злаків. Біологічна цінність білка визначається загальною кількістю білків та вмістом у них незамінних амінокислот. За вмістом крохмалю та мінеральних речовин зерно квасолі значно перевершує інші зернобобові культури.

Склад золи у квасолі коливається у широкому діапазоні. В золі зрілих насінин міститься значна кількість калію та фосфору (на їх частку припадає майже три четверти складу золи).

Протеїн зернобобових є джерелом лізину, аргініну, лейцину й ізолейцину. Крім амінокислотного складу, велике значення має перетравність сирого протеїну кормів. Сирий протеїн зернобобових перетравлюється краще, ніж

протеїн зернових.

Біологічна цінність білків харчових продуктів характеризується за амінокислотним складом, що вираховується у відсотках як відношення вмісту амінокислот у досліджуваному білку до їхнього вмісту в умовно ідеальному білку (шкала ФАО-ВОЗ), який задовольняє потреби організму.

Лімітовані амінокислоти мають поповнюватися або за рахунок білка іншого харчового продукту, або за рахунок збільшеного споживання продукту з лімітованою амінокислотою. Мікронутрієнти відносяться до незамінних харчових елементів. Вони необхідні для нормального обміну речовин, росту та розвитку організму, захисту від хвороб і несприятливих чинників зовнішньосередовища, тощо. Зернобобові продукти – це джерело багатьох вітамінів. Відомо, що тіамін, рибофлавін і ніацин досить стійкі до дії високих температур. Мінеральні елементи, що містяться в продуктах, визначають у золі після спалювання наважки. Вони приймають участь у багатьох функціях організму, ферментативних процесах, водно-сольовому й кислотно-лужному обміні тощо. Зернобобові та продукти їхньої переробки є одним із джерел надходження мінеральних речовин до організму людини, переважно це стосується калію, магнію, заліза [652].

Найважливішим показником, що характеризує науковий рівень організації технології вирощування сільськогосподарських культур, є якість одержуваної продукції. Якість зерна квасолі залежить від вмісту у ньому протеїну. Численними дослідженнями встановлено, що в зерні квасолі накопичується від 19,0 до 30,0 і більше відсотків білка [653].

Сортова мінливість за вмістом білка для квасолі 2,4-8,3%. Географічна мінливість кількості білка залежно від ґрунтово-кліматичних умов вирощування значно перевищує сортову: при вирощуванні різних сортів квасолі в одній зоні різниця за вмістом білка становила 1,6-2,5%, тоді як при вирощуванні одного і того ж сорту у різних зонах – 3,2-4,1% [654].

Склад білка змінюється залежно від форми куща квасолі та довжини вегетаційного періоду [655]. За даними П. С. Гвачилиани [656], дрібнонасінні сорти квасолі звичайної містять більш високий процент білка.

Жири необхідні в харчуванні як енергетичний та структурний матеріал. Вони беруть участь в обміні інших харчових речовин. В зерновій квасолі вміст жирів складає 1,30-1,94% [657].

Одним із важливих критеріїв харчової цінності продуктів як основи життєдіяльності організму людини є їхній мінеральний склад. Провідними зольними елементами квасолі є калій, фосфор, сірка та кальцій. Зола в сортах квасолі складає від 4,80 до 5,13%. Значний вміст вуглеводів визначає високу енергетичну цінність [658, 659].

Результатами досліджень, встановлено, що хімічний склад зерна квасолі звичайної, обробленої азотфіксуєчими штамами бактерій відрізнявся від варіантів без обробки насіння (табл. 7.3).

Не значні зміни рівня даних показників були також залежно від погоднокліматичних умов. У 2015 р. випала менша кількість опадів, тому відмічено дещо нижчі показники хімічного складу зерна квасолі, ніж у 2014р. і 2016 р.

**Якісні показники зерна сортів квасолі звичайної залежно відпередпосівної обробки насіння, % (середнє за 2014-2016 рр.)\***

Передпосівна обробка насіння (фактор В)	Вміст на абсолютно суху речовину			
	сирий протеїн	жир	клітковина	зола
<b>Сорт Галактика (фактор А)</b>				
Без обробки (к)	21,55	2,26	3,78	3,62
Rhizobium phaseoli (657a)	21,87	2,34	3,81	3,75
Rhizobium phaseoli (700)	22,45	2,38	3,94	3,85
Rhizobium phaseoli (Ф-16)	22,74	2,67	3,96	3,92
Rhizobium phaseoli (ФК-6)	21,64	2,28	3,79	3,69
Rhizobium phaseoli (657a) + Регоплант + ЕПАА	22,55	2,47	3,94	4,36
Rhizobium phaseoli (700) + Регоплант + ЕПАА	23,14	2,66	4,45	4,65
Rhizobium phaseoli (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА	23,65	2,87	4,71	4,70
Rhizobium phaseoli (ФК-6) + Регоплант + ЕПАА	22,36	2,37	3,98	4,12
<b>Сорт Славія (фактор А)</b>				
Без обробки	23,36	0,80	4,00	3,29
Rhizobium phaseoli (657a)	23,45	0,89	4,14	3,35
Rhizobium phaseoli (700)	23,67	0,95	4,45	3,47
Rhizobium phaseoli (Ф-16)	24,12	1,06	4,85	3,88
Rhizobium phaseoli (ФК-6)	23,75	0,93	4,23	3,55
Rhizobium phaseoli (657a) + Регоплант + ЕПАА	23,78	0,99	4,64	3,57
Rhizobium phaseoli (700) + Регоплант + ЕПАА	24,05	1,03	4,78	3,63
Rhizobium phaseoli (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА	24,56	1,23	4,98	3,96
Rhizobium phaseoli (ФК-6) + Регоплант + ЕПАА	23,72	1,01	4,36	3,61

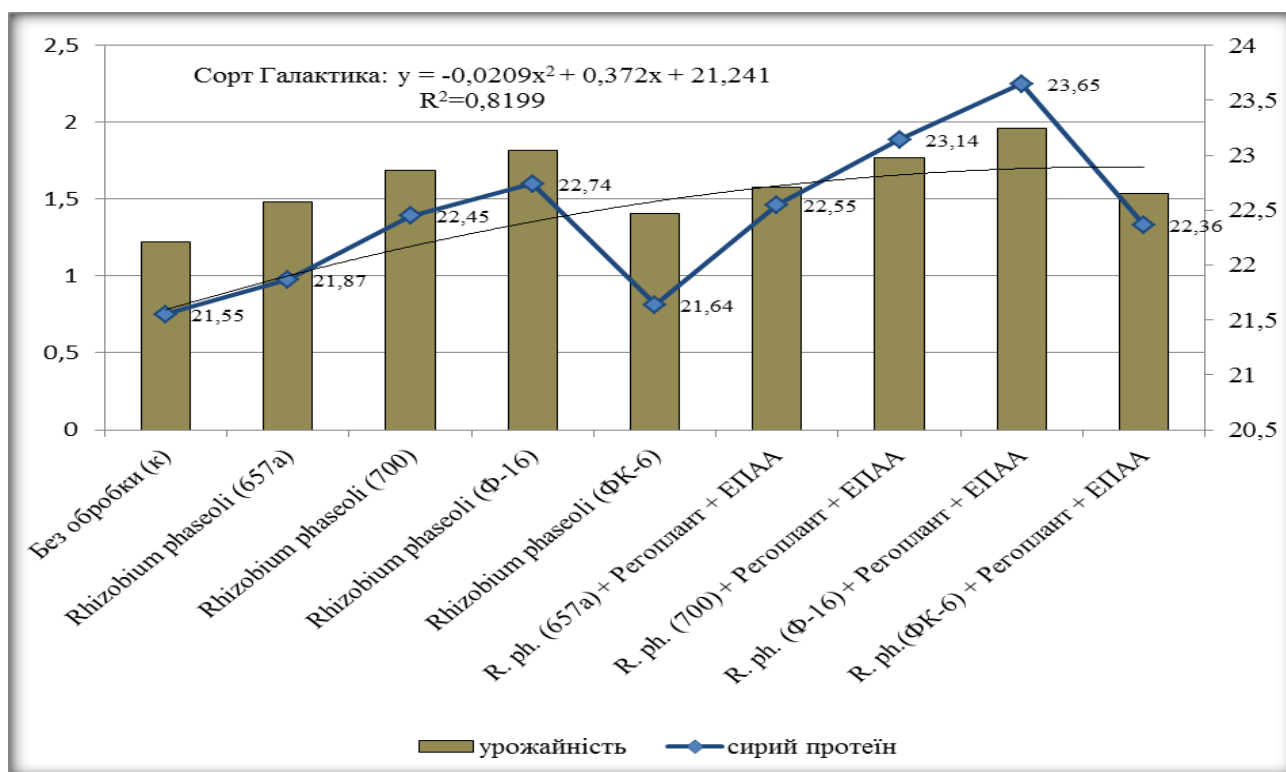
\*Джерело: дані сформовані на основі досліджень проведених у Інституті кормів та сільського господарства Поділля НААНУ

Так, у рослин сорту Галактика вміст сирого протеїну варіював від 21,55% – найнижчий показник у варіанті без інокулювання (контроль), до 23,65% у варіантах з передпосівною обробкою зерна азотфіксуєчим штамом *Rhizobium phaseoli* (Ф-16) спільно з використанням препарату Регоплант і прилипача ЕПАА. Вміст жиру становив від 2,26% до 2,87%, вміст клітковини від 3,78% до 4,71%, зола в межах 3,62-4,70%, відповідно.

Сорт Славія показав дещо вищі результати, порівнюючи з сортом Галактика. Вміст сирого протеїну змінювався у межах від 23,36% у варіанті досліду без обробки до 24,56% у варіанті з передпосівною інокуляцією штамом бульбочкових бактерій *Rhizobium phaseoli* (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА. Рівень жиру у зерні коливався від 0,80% у варіанті без обробки насіння до 1,23% з передпосівною обробкою насіння штамом *Rhizobium phaseoli* (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА. Вміст клітковини був на рівні від 4,00% до 4,98%, кількість золи коливалася від 3,29% до 3,96%.

Якщо порівняти хімічний склад зерна рослин сортів Галактика і Славія, то у сорту Галактика рівень показників був вищим за вмістом жиру і золи, тоді як у сорту Славія рівень показників був вищим за вмістом сирого протеїну та клітковини.

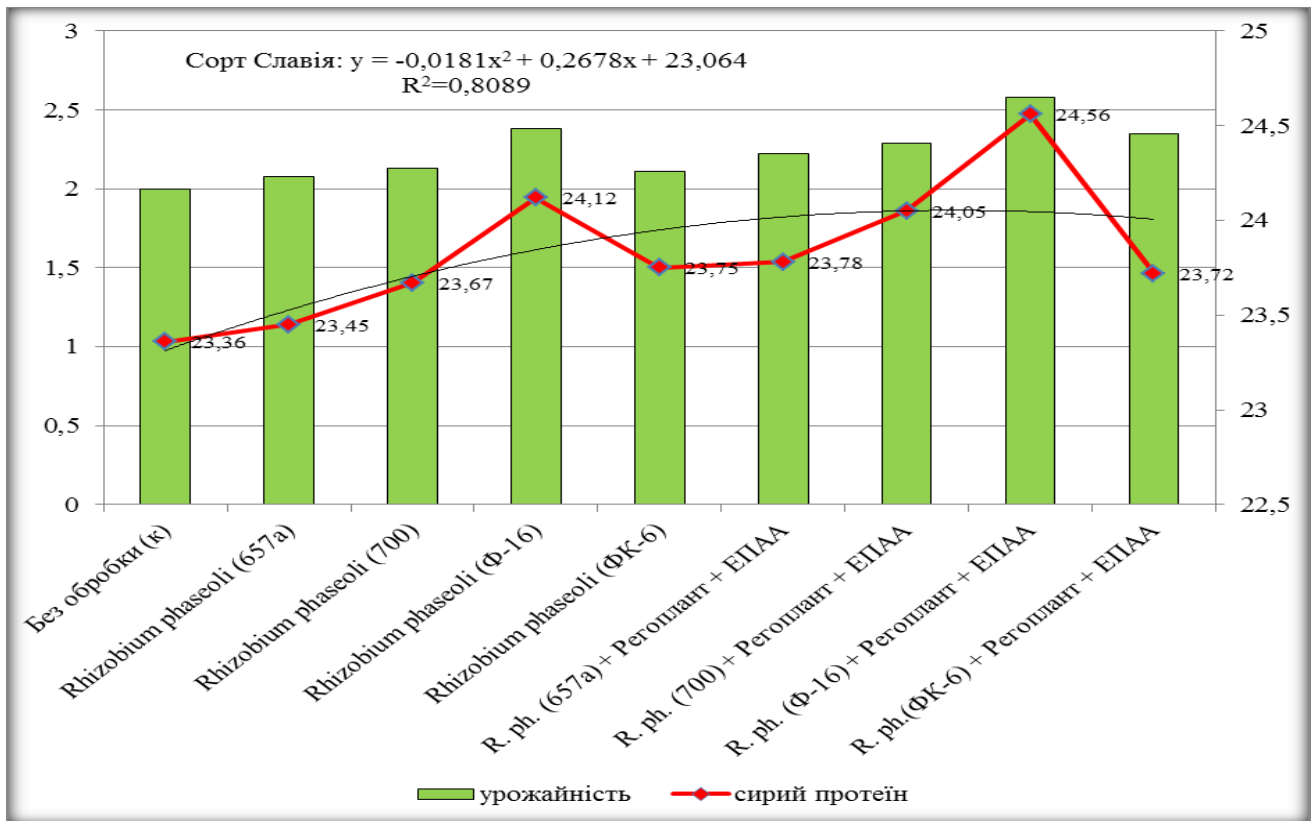
Залежність вмісту сирого протеїну зерна квасолі досліджуваних сортів від рівня урожайності можна описати за допомогою рівнянь поліноміальної регресійної моделі за методом найменших квадратів (рис. 7.4, 7.5).



**Рис. 7.4. Залежність вмісту сирого протеїну від рівня урожайності рослин сорту квасолі звичайної Галактика (середнє за 2014-2016 рр.)\***

\*Джерело: власні дослідження автора





**Рис. 7.5. Залежність вмісту сирого протеїну від рівня урожайності рослин сорту квасолі звичайної Славія (середнє за 2014-2016 рр.)\***

\*Джерело: власні дослідження автора

Так, у рослин сорту Галактика ця залежність описується у вигляді апроксимуючої функції:  $y = -0,0209 \times x^2 + 0,372 \times x + 21,241$ . При  $p < 0,05$  – лінія апроксимації статистично достовірна на рівні 95%. Коефіцієнт детермінації ( $R^2$ ) становить 0,8199, і рівняння пояснює 82% варіації залежної змінної.

У рослин сорту Славія ця залежність описується у вигляді наступної апроксимуючої функції:  $y = -0,0181 \times x^2 + 0,2678 \times x + 23,064$ . При  $p < 0,05$  – лінія апроксимації статистично достовірна на рівні 95%. Коефіцієнт детермінації ( $R^2$ ) становить 0,8089, і рівняння пояснює 81% варіації залежної змінної.

Отже, інокулювання штамми ризобій і передпосівна обробка насіння позитивно впливали на хімічний склад зерна квасолі. Максимальний результат вмісту білка було отримано у рослин сорту квасолі Славія, у варіанті, де проведено передпосівне інокулювання штамом *Rhizobium phaseoli* (Ф-16) спільно з Реґоплант і ЕПАА.

Продуктивність квасолі звичайної зумовлюється складним комплексом біологічних, морфологічних та інших властивостей, до яких належать елементи структури врожайності, посухи і низьких температур, вилягання тощо. Порівнюючи структурні показники посівів квасолі за роки досліджень між варіантами, можна зробити висновки, що передпосівна обробка насіння рослин має позитивний вплив на урожайність рослин квасолі звичайної досліджуваних сортів. Основним показником урожайності є кількість бобів на одній рослині,

яка змінювалась у сорту квасолі Галактика з 4,74 шт. на рослину у варіанті без передпосівної обробки насіння (контроль) до 6,28 шт. на рослину у варіанті з передпосівною обробкою насіння штамом *Rhizobium phaseoli* (Ф- 16) + Регоплант + ЕПАА. Виявлено позитивний вплив передпосівної інокуляції насіння квасолі звичайної штамми мікроорганізмів, препаратами на урожайність. Порівнюючи урожайність зерна сортів квасолі звичайної за роки проведення експериментальних досліджень, встановлено, що найвищу урожайність отримано у 2016 році.

У рослин квасолі сорту Галактика вміст сирого протеїну змінювався від 21,55% до 23,65%. Вміст жиру був на рівні від 2,26% до 2,87%, вміст клітковини варіював від 3,78% до 4,71%, зола була у межах 3,62-4,70%. У рослин квасолі сорту Славія ці показники мали дещо вищі результати, порівнюючи з рослинами сорту Галактика. Вміст сирого протеїну змінювався у межах від 23,36% до 24,56%. Рівень жиру у насінні коливався від 0,80% до 1,23%. Вміст клітковини був на рівні від 4,00% до 4,98%. Кількість золи змінювалася від 3,29% до 3,96%.

## РОЗДІЛ 8

### ЕНЕРГЕТИЧНА ТА ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОЩУВАННЯ СОРТІВ КВАСОЛІ ЗВИЧАЙНОЇ

Для успішного розвитку аграрного сектора України однією із головних задач під час вирощування сільськогосподарських культур є раціональне використання земельних ресурсів та отримання максимально високої якості продукції за малих затрат праці [660, 661, 662, 663].

Сучасне сільське господарство спрямоване на нарощування виробництва сільськогосподарської продукції, конкурентоспроможної на внутрішньому і зовнішньому аграрних ринках на основі ефективного використання природних, матеріально-технічних, трудових і енергетичних ресурсів з метою максимального забезпечення населення продуктами харчування, а переробних підприємств – сировиною [664, 665].

Раціональне використання енергетичних ресурсів має надзвичайно важливе природоохоронне значення, оскільки екологічна стійкість агроценозів обумовлюється інтенсивністю енергетичного обміну всередині екосистеми [666, 667].

У ринкових умовах господарювання саме аналіз економіко-енергетичної ефективності технологій вирощування польових культур є одним з найважливіших показників їх конкурентоспроможності [668]. Перспективними вважають такі технологічні елементи, при впровадженні яких економічні та енергетичні витрати на виробництво основної продукції менші, а рівень рентабельності, окупність 1 гривні витрат та коефіцієнт енергетичної оцінки – більші [669].

Енергетична та економічна оцінки технологічних процесів вирощування сільськогосподарських культур взаємодоповнюють одна одну і мають актуальне значення для сучасного сільськогосподарського виробництва України. Саме тому для будь-яких досліджень вирішальним етапом роботи є оцінка економічної та енергетичної ефективності вирощування сільськогосподарських культур, в тому числі квасолі посівної.

#### **8.1. Економічна ефективність вирощування квасолі посівної**

Удосконалені технології вирощування сільськогосподарських культур мають бути пластичні, що дозволить пристосувати їх до різноманітного ресурсотехнологічного забезпечення господарств. Вони повинні забезпечити максимальну реалізацію генетичного потенціалу культури [670, 671].

Технології вирощування сільськогосподарських культур повинні забезпечувати оптимальне використання потенціалу продуктивності сортів, раціональну систему живлення, впровадження у виробництво високоефективних штамів азотфіксуючих та фосфатмобілізуєчих бактерій. У технології вирощування квасолі досить високі затрати припадають на паливомастильні матеріали, насіння, мінеральні добрива, пестициди, оплату праці, тому процес виробництва зерна потребує значних фінансових витрат.

Тож аграріїв цікавлять елементи технологічного процесу, що здатні забезпечити суттєвий приріст урожайності зерна та, відповідно, одержання прибутку від виробничої діяльності [672].

Зростаюча кількість продукції рослинництва без використання мінеральних добрив і пестицидів, а також здатність мікроорганізмів забезпечувати рослини необхідними поживними речовинами, показує, що мікробні добрива замають важливе місце у сільськогосподарському виробництві. Безпечне виробництво продуктів харчування з використанням біологічних циклів має велике економічне і екологічне значення. Тому і більша кількість досліджень зосереджена на пошуку альтернативних заходів у рослинництві, щоб уникнути небажаних наслідків. Одним із таких заходів є застосування мікробних біопрепаратів, що містять ризобактерії. Ці препарати можуть бути також використанні для відродження ґрунту. З точки біогенності ґрунту, важливо підкреслити, що кількість *Azotobacter* залежить від агроекологічних умов у роки дослідження [673].

В останні роки в землеробстві поширюється використання мікробних препаратів для рістстимуляції, посилення азотфіксації, фосфатмобілізації в ризосфері рослин, захисту від патогенів і шкідників. Серед біопрепаратів, що використовують при вирощуванні бобових культур, провідна роль належить тим, які мають у складі ефективні селекційні штами специфічних бульбочкових бактерій для забезпечення азотного живлення рослин за рахунок біологічної азотфіксації з повітря, формування високих врожаїв без застосування мінеральних азотних добрив і поповнення азотного балансу ґрунту. Проте, оптимізація і потенціал активної бобово-ризобіальної взаємодії залежить від багатьох факторів, у тому числі і від інтродукції в ризосферу рослин мікроорганізмів різної функціональної дії [674, 675].

Економічне і екологічне значення бобових культур багато в чому залежить від їхньої здатності фіксувати атмосферний азот у симбіозі з *Rhizobia*. Хоча очевидно, що бобові допомагають створювати родючість ґрунтів, їх азотфіксація інші переваги у агроecosystemі, включаючи поліпшення структури ґрунту, глибоке укорінення, захист від ерозії і сприяння поліпшенню біологічної активності і стійкості [676].

Економічна ефективність – це отримання максимальної кількості продукції з одиниці площі за найменших затрат праці та коштів на вироблену одиницю продукції [677].

Визначення економічної ефективності дає чітку характеристику всім факторам і прийомам, що включаються у технологію вирощування культури. Саме цей показник враховує всі кількісні та вартісні складники і дозволяє стверджувати про доцільність або недоречність застосування того чи іншого елемента технології вирощування культури [678]. Економічні розрахунки показують, що конкурентоспроможною буде та сільськогосподарська продукція, на одиницю енергії якої за виробництва витрачається в 6-7 разів менше енергії [679].

Розрахунок економічної ефективності технологій вирощування польових культур, і квасолі зокрема, повинен базуватися на використанні двох груп

показників – тих, що формують ціну реалізації (урожайність зерна, його якість) і тих, що формують собівартість продукції (виробничі витрати) [680].

Окрім цього, сучасні технології вирощування мають бути конкурентоспроможними на ринку технологій [681].

Важливим фактором, що максимально впливає на продуктивність с.-г культур та собівартість продукції, є застосування ефективної технології вирощування, за якої витрати на неї забезпечують найвищу віддачу. Отримавши вартісні показники, за допомогою співвідношення результатів і ресурсів виробництва можна зробити висновки про економічну ефективність, це дозволить здійснити поглиблений аналіз та всебічно оцінити виробництво [682].

Проведення економічного оцінювання технології вирощування квасолі посівної є основою практичного застосування їх в аграрному виробництві. Така оцінка здійснюється за системою економічних показників, серед яких основними є врожайність, вартість продукції з 1 га, виробничі та повні витрати на 1 га, собівартість 1 т продукції, прибуток на 1 га, рентабельність. Ці результативні показники дають змогу оцінювати економічну ефективність застосування технології загалом як цілісного комплексу взаємозв'язаних виробничих процесів.

Визначити економічну ефективність можна порівнюючи одержані результати (умовно чистий прибуток і рівень рентабельності) з витратами. Основними показниками економічної оцінки використання результатів науково-дослідних робіт слугують чистий прибуток і рівень рентабельності.

Чистий прибуток – це різниця між вартістю одержаного врожаю і виробничими витратами, рентабельність – відсоткове відношення чистого прибутку до виробничих витрат [683].

Економічна ефективність пропонованих технологічних прийомів вирощування квасолі є досить важливим показником, адже, власне, від вартості нових елементів технології та їх ефективності не тільки залежить рівень прибутковості, а й потенційна можливість їх упровадження у виробництво. Ефективність технології вирощування квасолі залежно від передпосівної обробки насіння різними штамми бактерій різних сортів в кінцевому результаті має підтверджуватись позитивним результатом аналізу економічної ефективності.

В результаті проведених розрахунків економічної ефективності отримано найвищий рівень рентабельності – 106,34%, у варіантах, де висівали насіння квасолі сорту Славія, інокулюваного азотфіксуючим штамом мікроорганізмів *Rhizobium phaseoli* (Ф-16) + Регоплант і прилипачем ЕПАА. Цей показник було отримано за рахунок найвищої урожайності насіння – 2,58 т/га, що забезпечило найнижчу собівартість 1 т зерна квасолі – 4984,61 грн./т. При цьому затрати на вирощування становили 12860,30 грн./т, а умовно чистий прибуток – 13675,17 грн./т, порівнюючи з іншими варіантами дослідів (табл. 8.1).

Що стосується сорту Галактика, то було отримано дещо нижчі результати, ніж у сорту Славія, але спостерігалася аналогічна тенденція щодо передпосівної обробки насіння штамми мікроорганізмів і препаратами.

Таблиця 8.1

**Економічна ефективність вирощування квасолі залежно від передпосівної обробки насіння різних сортів,  
(середнє за 2014-2016 рр.)\***

Передпосівна обробка насіння (фактор В)	Врожайність, т/га	Вартість продукції, грн.	Затрати на вирощування, грн./га	Умовно чистий прибуток, грн./га	Собівартість 1 т зерна, грн.	Рівень рентабельності, %
<b>Сорт Галактика (фактор А)</b>						
Без обробки (к)	1,22	14320,13	10640,15	3679,98	8721,43	34,59
Rhizobium phaseoli (657a)	1,48	18960,75	11390,23	7570,52	7696,10	66,47
Rhizobium phaseoli (700)	1,69	18980,75	11390,23	7590,52	6739,78	66,64
Rhizobium phaseoli (Ф-16)	1,82	18995,75	11390,23	7605,52	6258,37	66,77
Rhizobium phaseoli (ФК-6)	1,41	18950,75	11390,23	7530,52	8078,18	66,12
R. phaseoli (657a) + Реґоплант + ЕПАА	1,58	21520,80	11960,45	9560,35	7569,91	79,95
R. phaseoli (700) + Реґоплант + ЕПАА	1,77	21540,80	11960,45	9580,35	6757,32	80,10
R. phaseoli (Ф-16) + Реґоплант + ЕПАА	1,96	21555,80	11960,45	9595,35	6102,27	80,23
R. phaseoli (ФК-6) + Реґоплант + ЕПАА	1,54	21510,80	11960,45	9550,35	7766,53	79,85
<b>Сорт Славія (фактор А)</b>						
Без обробки	2,00	18160,54	10790,24	7370,30	5395,12	68,31
Rhizobium phaseoli (657a)	2,08	23120,36	12180,35	10940,01	5855,94	89,82
Rhizobium phaseoli (700)	2,13	23140,36	12180,35	10960,01	5718,47	89,98
Rhizobium phaseoli (Ф-16)	2,38	23155,36	12180,35	10975,01	5117,79	90,10
Rhizobium phaseoli (ФК-6)	2,11	23110,36	12180,35	10930,01	5772,68	89,73
R. phaseoli (657a) + Реґоплант + ЕПАА	2,22	26400,47	12860,30	13540,17	5792,93	105,29
R. phaseoli (700) + Реґоплант + ЕПАА	2,29	26420,47	12860,30	13560,17	5615,85	105,46
R. phaseoli (Ф-16) + Реґоплант + ЕПАА	2,58	26535,47	12860,30	13675,17	4984,61	106,34
R. phaseoli (ФК-6) + Реґоплант + ЕПАА	2,35	26390,47	12860,30	13530,17	5472,47	105,21

\*Джерело: власні дослідження автора

Так найкращим показником розрахунку економічної складової вирощування квасолі були дані у варіанті досліду, де насіння обробляли *Rhizobium phaseoli* (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА (рівень рентабельності становив 80,23%).

Отже, при збільшенні затрат на вирощування на 1 га знижується умовно чистий прибуток та рівень рентабельності за однакової ціни реалізації.

## **8.2. Енергетична ефективність вирощування квасолі посівної**

Сучасні інтенсивні технології вирощування зернобобових культур потребують збільшення витрат енергетичних ресурсів на вирощування продукції. Сформований урожай зерна є результатом використання непоновлювальної та засвоєння поновлювальної енергії. Чим більшим буде відношення накопиченої в зерні енергії до використаної непоновлювальної, тим ефективнішою рахується технологія вирощування.

Ряд вчених Каленська С. М., Новицька Н. В., Гарбар Л. 2011 у своїх наукових працях відмічають, що в умовах ринкової економіки, яка характеризується різкою нестабільністю цін на матеріально-технічні ресурси, для оцінювання ефективності вирощування сільськогосподарських культур, на наш погляд, найбільш прийнятним є такий об'єктивний показник як енергетична ефективність [684].

Головна перевага енергетичної оцінки технологій вирощування сільськогосподарських культур полягає в тому, що її використання дає можливість зіставити в єдиних показниках витрати на проведення агрозаходів з результатами виробництва рослинницької продукції. Тому енергетичний аналіз може бути використаний для більш глибокого й всебічного обґрунтування технологічного процесу, який надалі повинен слугувати основою при встановленні закупівельних цін на різні види продукції, їх зміни по зонах і культурах, а також при обґрунтуванні норм рентабельності в сільському господарстві [685].

Енергетична оцінка ефективності певної технології вирощування дозволяє визначити відношення вмісту енергії, яка накопичена в процесі фотосинтезу з урожаєм культури, та енергетичних витрат, що понесені на виробництво продукції [686].

Порівняння енергетичних витрат на проведення певних агротехнічних заходів дає можливість вирощувати сільськогосподарські культури з високими показниками продуктивності за мінімізації витрат енергетичних ресурсів. Тому завдання енергетичної оцінки полягає у забезпеченні раціонального застосування непоновлюваної (виконаної) і поновлюваної (природної) енергії та зменшення технологічного навантаження на агробіоценоз. Реалізацією якого є оптимізація економіко-енергетичних аспектів вирощування сільськогосподарських культур, що полягає у провадженні ресурсощадних технологій вирощування [687].

Енергетичний аналіз дає змогу розкрити науково обґрунтовані підходи до вдосконалення структури посівних площ з метою ресурсо- та енергозбереження. Остаточним результатом енергетичного аналізу є критерій

Таблиця 8.2

**Енергетична ефективність технології вирощування рослин квасолі залежно від передпосівної обробки насіння різних сортів, (середнє за 2014-2016 рр.)\***

Передпосівна обробка насіння (фактор В)	Вихід валової енергії, ГДж/га	Витрати сукупної енергії на вирощування, ГДж/га	Енергетичний коефіцієнт, Ек
Сорт Галактика (фактор А)			
Без обробки (к)	84,50	22,30	3,79
Rhizobium phaseoli (657a)	96,15	22,40	4,29
Rhizobium phaseoli (700)	97,60	22,40	4,36
Rhizobium phaseoli (Ф-16)	100,74	22,40	4,50
Rhizobium phaseoli (ФК-6)	88,43	22,40	3,95
Rhizobium phaseoli (657a) + Реґоплант + ЕПАА	97,33	22,51	4,32
Rhizobium phaseoli (700) + Реґоплант + ЕПАА	99,04	22,51	4,40
Rhizobium phaseoli (Ф-16) + Реґоплант + ЕПАА	103,01	22,51	4,58
Rhizobium phaseoli (ФК-6) + Реґоплант + ЕПАА	97,86	22,51	4,35
Сорт Славія (фактор А)			
Без обробки	83,05	22,30	3,72
Rhizobium phaseoli (657a)	83,71	22,40	3,74
Rhizobium phaseoli (700)	96,55	22,40	4,31
Rhizobium phaseoli (Ф-16)	99,82	22,40	4,46
Rhizobium phaseoli (ФК-6)	96,15	22,40	4,29
Rhizobium phaseoli (657a) + Реґоплант + ЕПАА	97,60	22,51	4,34
Rhizobium phaseoli (700) + Реґоплант + ЕПАА	98,64	22,51	4,38
Rhizobium phaseoli (Ф-16) + Реґоплант + ЕПАА	101,40	22,51	4,50
Rhizobium phaseoli(ФК-6) + Реґоплант + ЕПАА	96,55	22,51	4,30

\*Джерело: власні дослідження автора



оцінювання ефективності виробництва сирого протеїну та затрати обмінної енергії (ГДж) на його виробництво. Це дає змогу об'єктивно визначити потенціальну енергетичну продуктивність культури [688, 689, 690].

Оцінкою енергетичної ефективності виробництва слугує коефіцієнт енергетичної ефективності ( $K_{ee}$ ). Він виражає відношення вмісту загальної енергії у вирощеній продукції ( $E_p$ ) до кількості непоновлюваної енергії ( $E_v$ ), витраченої на її вирощування [691].

Проведення енергетичного оцінювання окремих елементів технології дає змогу порівняти ефективність різних агрозаходів, визначити доцільність використання їх у технології вирощування культури, щоб покращити засвоєння енергії та управління продукційним процесом.

У результаті проведених польових досліджень встановлено, що передпосівна інокуляція азотфіксуючими штамми мікроорганізмів мала позитивний вплив на показники енергетичної ефективності технології вирощування квасолі звичайної в залежності від інокулювання штамми *Rhizobium phaseoli*.

Так, у рослин квасолі звичайної сорту Галактика найменші показники по виходу валової енергії, витратах сукупної енергії на вирощування та енергетичному коефіцієнтові отримано з варіантів досліду без інокулювання (контроль) з показниками – 84,50 ГДж/га; 22,30 ГДж/га; 3,79 відповідно (див. табл. 6.2). Що ж стосується варіантів досліду, де насіння квасолі звичайної обробляли перед посівом штамми мікроорганізмів і використовували спільно передпосівний обробіток препаратом і прилипачем, то дані варіювали в межах: вихід валової енергії – 96,15-103,01 ГДж/га; витрати сукупної енергії на вирощування – 22,40-22,51 ГДж/га та енергетичний коефіцієнт – 3,95-4,58.

Найвищі дані по вище названих показниках було отримано у варіанті, де насіння квасолі обробляли штамом *Rhizobium phaseoli* (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА – 103,01 ГДж/га; 22,51 ГДж/га і 4,58 відповідно.

У результаті проведених польових досліджень встановлено, що передпосівна інокуляція азотфіксуючими штамми мікроорганізмів мала позитивний вплив на показники енергетичної ефективності технології вирощування квасолі звичайної в залежності від інокулювання штамми *Rhizobium phaseoli*. Так, у рослин квасолі звичайної сорту Галактика найменші показники по виходу валової енергії, витратах сукупної енергії на вирощування та енергетичному коефіцієнтові отримано з варіанту досліду без інокулювання (контроль) з показниками – 84,50 ГДж/га; 22,30 ГДж/га; 3,79 відповідно. Що ж стосується варіантів досліду, де насіння квасолі звичайної обробляли перед сівбою штамми мікроорганізмів і використовували спільно передпосівний обробіток препаратом і прилипачем, то дані варіювали в межах: вихід валової енергії – 96,15-103,01 ГДж/га; витрати сукупної енергії на вирощування – 22,40-22,51 ГДж/га та енергетичний коефіцієнт – 3,95-4,58.

В результаті проведеного дослідження отримано найвищий рівень рентабельності – 106,34%, у варіанті, де висівали насіння квасолі сорту Славія, інокулюваного азотфіксуючим штамом мікроорганізмів *Rhizobium phaseoli* (Ф-16) + Регоплант і прилипачем ЕПАА. Цей показник було отримано за рахунок

найвищої урожайності насіння – 2,58 т/га, що забезпечило найнижчу собівартість 1 т зерна кvasолі – 4984,61 грн./т. При цьому затрати на вирощування становили 12860,30 грн./т, а умовно чистий прибуток – 13675,17 грн./т, порівнюючи з іншими варіантами дослідів. У сорту Галактика було отримано дещо нижчі результати, ніж у сорту Славія, але спостерігалася аналогічна тенденція щодо передпосівної обробки насіння штамами і препаратами. Так найефективнішим виявився варіант дослідів, де насіння обробляли *Rhizobium phaseoli* (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА (рівень рентабельності становив 80,23%).

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бабич А. О. Вирощування зернобобових на корм. К. Урожай, 1995. 232с.
2. Коць С. Я. Особливості взаємодії рослин і азотфіксуючих мікроорганізмів. Наукова думка, 2007. 315 с.
3. Коць С. Я., Моргун В. В., Патица В. Ф. і ін. Біологічна фіксація азоту: бобово-ризобіальний симбіоз. Т. 1. К.: Логос, 2010. 508 с.
4. Welch R. M., House W. A., Beebe S., Cheng Z. Genetic selection for enhanced bioavailable levels of iron in bean (*Phaseolus vulgaris* L.) seeds. *J. Agric. Food Chem.* 2000. Vol. 48, №. 8. P. 3576–3580.
5. Казидуб Н. Г., Пучкова С. Ю., Расказова Т. В. Селекція квасолі овочевої в південному Лісостепу Західного Сибіру. *Сільськогосподарські науки.* 2013. С. 9–13.
6. Квасоля: історія, корисні властивості квасолі. Поляков Н. <https://sadukrroy.ru/roslini/8296-kvasolja-istorija-korisni-vlastivosti-kvasoli.html> (дата звернення: 10.12. 2022).
7. Beede S. Improvement of Common Bean for Mineral Nutritive Content at Ciat. *Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS)*. Colombia. 2001. Vol. 1. 233 p.
8. Gicharu G. K., Gitonga H. M., Boga H. K. Effect of inoculating selected climbing bean cultivars with different rhizobia strains on nitrogen fixation. *Online International Journal of Microbiology research.* Kenya, 2013. Vol. 1, №. 2. P. 25–31.
9. Asrat Asfaw. Breeding for drought tolerance by integrative design: the case of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in Ethiopia. Thesis Wageningen University, Wageningen, NL. 2011. 188 p.
10. Voysset V. O. Mejoramiento genético del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Legado de variedades de América Latina 1930-1999. CIAT, PROFRIZA, COSUDE, Cali. 2000. 195 p.
11. Квасоля звичайна.: енциклопедичний довідник / за ред. А. М. Гродзінського. Київ : Вид. «Українська Енциклопедія» ім. М. П. Бажана, Український виробничо-комерційний центр Олімп, 1992. 199 с.
12. Бернардино де Саагун, Куприенко С. А. Квасоля. К. 2013. 218 с.
13. Горобчук А. Великі перспективи бобових культур. *Агробізнес сьогодні.* 2017. № 22. С. 48–49.
14. Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO]. FAOSTAT, 2017. Available from <https://www.fao.org/faostat/en/#compare> (дата звернення: 05.01. 2023).
15. Department of Agriculture (DoA). Agriculture Statistic 2016. Thimphu, Bhutan: DoA, Ministry of Agriculture and Forestry; 2016.
16. Wanders N., Wada Y. Human and climate impacts on the 21st century hydrological drought. *Journal of Hydrology.* 2015. P. 208–220.
17. Department of Agriculture (DoA). Agriculture Statistic 2017. Thimphu, Bhutan: DoA, Ministry of Agriculture and Forestry. 2017.
18. Січкач В. І. Зернобобові культури в Україні: що вирощувати ? *Агробізнес сьогодні.* 2016. № 21. С. 26–30.

19. Семенюшко А. А. Селекція квасолі в діяльності спеціалізованих дослідних установ України: методичні підходи та основні результати. *Історія науки і біографістика*. 2013. № 3. С. 21–23.
20. FAOSTAT. 2015. Food and agriculture organization of the United Nations, statistics division. Accessed at: <http://faostat3.fao.org/download/Q/QC/E> (дата звернення: 05.01. 2023)
21. Porch T. G., Beaver J. S., Debouck D. G., Jackson S. A., Kelly J. D. Use of Wild Relatives and Closely Related Species to Adapt Common Bean to Climate Change-Review, *Agron*. 2013. Vol. 3. P. 433–461.
22. Peix A.; Ramírez-Bahena M. H.; Velázquez E., Bedmar E. J. Bacterial associations with legumes. *CRC Crit. Rev. Plant Sci*. 2015. Vol. 34. P. 17–42.
23. Alemu E. A. Malnutrition and its implications on food security. In *Zero Hunger*, 1st ed.; Leal Filho W., Azul A. M., Brandli, L., Özuyar P. G.; Wall T. Eds.; Springer International Publishing: Cham, Switzerland. 2019. P. 1–10.
24. Ідентифікація ознак зернобобових культур (Квасоля, нут, сочевиця) / за ред. В.В. Кириченка. Харків: 2009. 118с.
25. Черенков А.В. Зернобобові культури: сучасні технології вирощування. Дніпро : 2017. 110с.
26. Черноголовин В. П. Бобовые культуры в Казахстане. Алма-Ата: Кайнар, 1974. 206 с.
27. Уразалиев Р. А. Диверсификация зернового производства Казахстана. *Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана*. 2001. № 1. С. 18–21.
28. Таранов О. Н., Васильев И. И., Мамонов Л. К, Полимбетова Ф. А. Интродукция полезных растений рода Phaseolus L. в Казахстане. Материалы международной научной конференции «*Ботаническое ресурсоиспользование достижения и перспективы развития*». Алмата, 2000. С. 98– 99.
29. Івченко Т.В., Мірошніченко Т.М., Мозговська Г.В. Наукове обґрунтування ефективності методів біотехнології у селекції та насінництві овочевих культур: монографія; за ред. Т.В. Івченко. Київ: Аграрна наука, 2022. 200 с.
30. Семенюшко А. Походження й поширення квасолі звичайної (*Phaseolus vulgaris* L.): історичні аспекти та історико-науковий аналіз. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка*. Сер.: Історія. 2014. Вип. 2. Ч. 3. С. 162–166.
31. Голодна А. В., Камінський В. Ф., Шляхтуров Д. С. Система удобрення квасолі в умовах Північного Лісостепу. *Збірник наукових праць Інституту землеробства*. 2003. Вип. 3. С. 54–58.
32. Державна служба статистики України. URL: <https://www.ukrstat.gov.ua> (дата звернення: 06.01. 2023).
33. Романюк Л. С. Вихідний матеріал для селекції квасолі. *ННЦ Інститут землеробства УААН*. 2007. С. 151–155.
34. Дудчак Т. В. Стан і перспективи виробництва в Україні зерна квасолі. *Збірник наукових праць. Кам'янець-Подільський*. 2007. № 15. С. 92–96.

35. Доктор Н. М., Новицька Н. В. Продуктивність квасолі звичайної в умовах Закарпаття. *Світові рослинні ресурси: стан та перспективи розвитку: Матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої 15-річчю створення Українського інституту експертизи сортів рослин, 07 червня 2017 р., м. Київ. Вінниця: НіланЛТД, 2017. С. 206–208.*
36. Dry bean market value chain profile. Department of Agriculture, Forestry and Fisheries. Republic of South Africa. 2012. 27 p.
37. Dry bean production / M. J. du Plessis, D. Fourie, A. J. Liebenberg [and others.] // Compiled by Directorate Agricultural Information Services. Department of Agriculture in cooperation with ARC – Grain Crops Institute. 2002. 27 p.
38. Фурман Т. В., Дудчак В. П. Особливості технології вирощування виткої квасолі. *Збірник наукових праць. Кам'янець-Подільський*. 2004. Вип. 12. С.112–115.
39. Сучасні системи виробництва овочів: монографія / за ред. О.Д. Вітанова. Вінниця : ТВОРИ, 2022. 214 с.
40. Що сталося із Харківським банком насіння ? <https://www.slk.kh.ua/news/agroprom/so-stalos-iz-harkivskim-bankom-nasinna.html> 2022. (дата звернення: 16.01. 2023).
41. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 2001. *Plant genetic resources: Beans*. [Internet]. Available from: <http://www.ciat.cgiar.org/pgr/beans.htm>
42. Gepts P., Osborn T. C., Rashka K. & Bliss F. A. Electrophoretic analysis of phaseolin protein variability in wild forms and landraces of the common bean, *Phaseolus vulgaris*: Evidence for multiple centers of domestication. *Economic Botany*. 1996. Vol. 40. P. 451–468.
43. Becerra-Velásquez V. L., & Gepts, P. RFLP diversity of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in its centres of origin. *Genome*. 1994. Vol. 37. P. 256–263.
44. Сакібаєв К. Ш., Танаков Н. Т. Сучасний стан виробництва квасолі в Киргизстані. *Жадан-Абад Мамлекеттик университетинин жарчиси*. 2011. № 1-2. С. 3–7.
45. Цікаві факти про квасолю. 2020. <https://zvidusil.in.ua/kvasolia/> (дата звернення: 20.02. 2023).
46. Мустафін О. Смачні мандри. Нові екскурсії кухнею. К., 2020. С. 40-45.
47. Моргунська Ю. Бобовий детектив. Що спільного у квасолі з кукушонком і причому тут косметика. 2020. <https://www.dsnews.ua/ukr/society/bobovyy-detektiv-hto-obshchego-u-fasoli-s-kukushonkom-i-pri-17082019120000> (дата звернення: 20.02. 2023).
48. Рослинництво: підручник. За ред. В.Г. Влоха. К.: Вища школа, 2005. 381с.
49. Рослинництво з основами кормовиробництва : навч. посіб. / Царенко О. М., Троценко В. І., Жатов О. Г., Жатова Г. О. ; за ред. О. Г. Жатова. Суми : Унів. книга, 2003. 384 с.
50. Рослинництво. Технології вирощування сільськогосподарських культур: 120 культур : навч. посіб. / В. В. Лихочвор, В. Ф. Петриченко, П. В. Іващук, О. В. Корнійчук ; за ред. В. В. Лихочвора, В. Ф. Петриченка. Л.: Українські технології, 2010. 1085 с.

51. Болотских А. С. Энциклопедия овощевода. Харьков: Фол., 2005. 799 с.
52. Бабич А. О. Кормові і білкові ресурси світу: монографія. К. :1995. 298с.
53. Пиковский М., Кирик Н., Корчемна Н. Особенности развития антракноза фасоли. *Овощеводство*. К. 2007. № 10. С. 50–62.
54. Бабич, А. О. Кормові і лікарські рослини в XX-XXI століттях. Forage and medicinal plants in XX-XXI centuries: монографія. К. : Аграр. наука, 1996. 822 с.
55. Rubatzky V. E., Yamaguchi M. Peas, beans, and other vegetable legumes. *In World Vegetables*.1997. P. 474–531.
56. Голбан Н. М. Фасоль. Зернобобовые культуры. Кишинев : Штиинца, 1982. С. 52–82.
57. Круг Г. Овощеводство. К. : Колос, 2000. 573 с.
58. Селекція і насінництво квасолі звичайної : теорія і практика / С. І. Корнієнко, О. Ю. Сайко, Т. К. Горова та ін.; за ред. С. І. Корнієнка. Київ : Аграрна наука, 2017. 200 с.
59. Квасоля – детальніше. <https://agronomok.com.ua/template/information/culture.php?culture=48> (дата звернення: 20.01. 2023).
60. Фурсова Г. К. Фурсов Д. І., Сергєєв В. В. Рослинництво: лабор.-практ. заняття. Ч І. Харків : ТО Ексклюзив, 2004. 380 с.
61. Барабаш О. Ю., Семенчук П. С. Все про городництво. К : Вирій, 2000. 237с.
62. Барабаш О. Ю., Тараненко Л. К., Сич З. Д. Біологічні основи овочівництва: навчальний посібник. К. : Арістей, 2005. 228 с.
63. Duke J. Handbook of legumes of world economic importance. *Springer Science and Business Media*. 2012. P. 16–34.
64. Мотрук Б. Н. Рослинництво. К. : Урожай, 1999. 464 с.
65. Барабаш О. Ю., Тараненко Л. К., Сич З. Д. Квасоля – технологія вирощування. [https://agromage.com/stat\\_id.php?id=667](https://agromage.com/stat_id.php?id=667) (дата звернення: 21.01. 2023).
66. Морфобіологічні особливості квасолі. Морфологічні ознаки. Біологічні особливості. Біологія цвітіння і запліднення квасолі. [https://ultraagro.blogspot.com/2014/09/blog-post\\_949.html](https://ultraagro.blogspot.com/2014/09/blog-post_949.html) (дата звернення: 21.01. 2023).
67. Wallace D. H. Physiological genetics of plant maturity, adaptation and yield. *Plant Breeding Reviews* 1985. Vol. 3. P. 167.
68. Graham P. H. & Ranalli P. Common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Field Crops Research*. 1997. P. 131–146.
69. Бугай С. М. *Рослинництво*. К. : Вища школа, 1997. 325 с.
70. Овчарук О. В. Характеристика рослин квасолі за їх сортовими особливостями в умовах Лісостепу Західного. *Вісник Сумського НАУ*. 2014. № 9 (28). С. 117–121.
71. Квасоля звичайна. Лікарські рослини : енциклопедичний довідник / за ред. А. М. Гродзінського. Київ : Видавництво «Українська Енциклопедія» ім.



М. П. Бажана, Український виробничо-комерційний центр «Олімп», 1992. С. 199.

72. Лихацький В. І., Бургарт Ю. Є. Овочівництво: практикум. Київ. : Вища школа, 1994. 336 с.

73. Рослинництво [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://agroua.net/plant/catalog/cg-8/c-39/info/cag-71/> (дата звернення: 01.02. 2023).

74. Шляхтуров Д. С. Урожайність квасолі звичайної залежно від технології вирощування і погодних умов. *ННЦ Інститут землеробства УААН*. 2008. С. 85–89.

75. Зернобобові культури: сучасні теїшування : монографія / А.В. Черенков, А.І. Клиша, А.Д. Гирка, О.О. Кулініч. Дніпропетровськ : «Акцент ПП», 2014. 110 с

76. Teixeira E. I., Fischer, G., van Velthuizen H., Walter C., Ewert F. Global hot-spots of heat stress on agricultural crops due to climate change. *Agricultural and Forest Meteorology*. 2013. Vol.170. P. 206–215.

77. Beaver J. S., Rosas J. C., Myers J., Acosta J., Kelly J. D., Nchimbi-Msolla S., Coyne D. P. Contributions of the bean/cowpea CRSP to cultivar and germplasm development in common bean. *Field crops research*. 2003. Vol. 82, №. 2. P. 87–102.

78. Boserup E. The conditions of agricultural growth: The economics of agrarian change under population pressure. *Transaction Publishers* . 2005. P. 15–22.

79. Van Zyl A., Lorentz S. A. Predicting the Impact of Farming Systems on Sediment Yield in the Context of Integrated Catchment Management. *Water Research Commission*. 2004. P. 24–76.

80. Жук О. Я., Сич З. Д. Семеноводство бобових культур: Фасоль овочна (Phaseolus vulgaris L. [https://agromage.com/stat\\_id.php?id=128](https://agromage.com/stat_id.php?id=128) (дата звернення: 01.02. 2023).

81. Високий попит на квасолі спонукає аграріїв нарощувати посівні площі. URL: <https://superagronom.com/news/3705-visokiy-popit-na-kvasolyu-sponukayeagrariyi-naroshuvati-posivni-ploschi> (дата звернення: 02.02. 2023).

82. Леонід Фадєєв. Квасолі – принцеса серед бобових. *Агробізнес-Україна*. № 2. 2021. <https://agrobusiness.com.ua/kvasolia-pryntsesa-sered-bobovykh> (дата звернення: 03.02. 2023).

83. Дудчак Т. В. Оптимізація технології вирощування квасолі багатоквіткової (Ph.multiflorus L.) в умовах південно–західної частини Лісостепу України : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук : 06.01.09. Київ, 2009. 18 с.

84. Мовчан К. І. Вплив способу сівби та густоти рослин на тривалість міжфазних періодів і урожайність квасолі звичайної в умовах правобережного Лісостепу України. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2014. Вип. 21. С. 96–100.

85. Овчарук О. В. Особливості формування врожаю квасолі залежно від строків сівби і сорту в умовах південної частини західного Лісостепу України. *Збірник наукових праць Подільського державного аграрнотехнічного університету*. Київ, 2006. Вип. 14. С. 129–131.

86. Олена Намятова. 2022. Квасоля: вирощування на городі, зберігання, сорти. Источник: <https://floristics.info/ua/statti/gorod/2587-kvasolya-posadka-i-doglyad-u-vidkritomu-grunti-zbirannya-i-zberigannya.html#s32> (дата звернення: 02.02. 2023).
87. Lerner R. B. Growing Beans in the Home Vegetable Garden. Vegetables. 2001. P. 1–3.
88. Сайко В. Ф., Бойко П. І. Сівозміни у землеробстві України. К. : Аграрна наука, 2002. 146 с.
89. Еколого-біологічні та технологічні принципи вирощування польових культур: навч. посіб. для студ. вузів / В. Д. Паламарчук та ін. ВНАУ. Вінниця: Данилюк В. Г., 2010. 633с.
90. Голбан Н. М., Батура А. М., Гуцаненко А. Б. Рекомендації щодо обробітку квасолі, нуту та чини на індустріальній основі. Кишенівський СХІ. Кишинів: Тимгул, 1997. 26 с.
91. Голодна А. В., Акуленко В. В., Столяр О. О. Урожайність квасолі звичайної залежно від технології вирощування в північному Лісостепу. *Збірник наукових праць Харківського НАУ*. 2013. Вип. 9. С. 192-197.
92. Гортлевский А. А., Макеев В. А. Високобілкові культури. К.: Наукова думка, 1994. 64 с.
93. Зернобобові культури в інтенсивному землеробстві. Петриченко В. Ф., Бойко М. П., Мережко М. М., Медвідь С. П. / Київ : Урожай, 1990. 124 с.
94. Буденный Ю. В., Буденный В. Ю., Сало А. С., Сандей Н. А. Основы агротехники выращивания штамбовых сортов фасоли. Информ. листок. Х., 1996. С. 71–96.
95. Методологія адаптивної системи вирощування овочевих культур / В. О. Муравйов, О. Д. Вітанов, Ю. Д. Зелендін, Н. В. Чефонова та ін. Харків : ТОВ «ВП «Плеяда», 2017. 58 с.
96. Влох В. Г. Пархуць Б. І. Продуктивність квасолі звичайної залежно від прийомів вирощування в умовах Львівщини. *Вісник Львівського державного аграрного університету*. Львів, 2003. С. 39–44.
97. Orphanos P. Emergence of Phaseolus vulgaris seedlings from wet soil. *J. Hort. Sci. Nicosia*. 1997. Vol. 52. P. 447–455.
98. Ramos Junior E. U., Lemos L. B., Da Silva. Características tecnológicas de cultivares de feijao antes e apos o armazenamento. *Rev. brasil. Armazenamento*. 2005. Vol. 30, №. 1. P. 97–103.
99. Голодна А. В., Акуленко В. В., Столяр О. О. Формування продуктивності квасолі звичайної залежно від елементів технології вирощування в північній частині Лісостепу. *Збірник наукових праць ННЦ Інститут землеробства НААН*. К., 2013. Вип. 1-2. С. 120–124.
100. Чинчик А. С. Формирование элементов продуктивности фасоли обыкновенной в условиях западной лесостепи Украины. *Молочнохозяйственный вестник*. 2014. № 2 (14). С. 43–48.
101. Сайко В. Ф., Бойко П. І. Сівозміни у землеробстві України. К.: Аграрна наука, 2002. 146 с.



102. Камінський В. Ф., Петровський М. О. До питання розв'язання білкової проблеми. Вісн. аграр. науки. 2003. 5. С. 12-14.
103. Зернобобові культури в інтенсивному землеробстві / Розводовський А. М. та ін. ; за ред. А. М. Розводовського. К. Урожай, 1999. 172 с.
104. Зерно та бобові культури: нормативні документи. Довідник / За заг. ред. В. Л. Іванова. Львів: НТЦ «Ленорм-Стандарт», 2000. Т. 1. 286 с
105. Квасоля в сівозміні здатна знизити витрати на добрива – науковці. 2022. <https://superagronom.com/news/14807-kvasolya-v-sivozmini-zdatna-zniziti-vitrati-na-dobryva--naukovtsi> (дата звернення: 02.02. 2023).
106. Назаришин О., Гусарова А. Технологія вирощування квасолі. 2019. <https://superagronom.com/cards/tehnologiya-viroshchuvannya-kvasoli-id18462> (дата звернення: 03.02. 2023).
107. The lentil botany, production and uses / Erskine W., Muehlbauer F. J., Sarker A, Sharma B. CAB International, 2009. 457 p
108. Lentil production manual. Saskatchewan pulse growers. Saskatoon, 2011. 60 p.
109. Yadav S. S. Lentil: An Ancient Crop for Modern Times / Yadav S. S., McNeil D. L., Stevenson P. C. Berlin: Springer Verlag, 2007. 604 p
110. Лихочвор В. В., Петриченко В. Ф., Івашук В. І. Зерновиробництво. Львів: Українські технології. 2008. С. 597–604.
111. Технологія вирощування квасолі овочевої. - Рекомендації для практичного використання в овоченасінницьких господарствах різних форм власності. К., 2005. 160 с.
112. Алімов Д. М., Шелестов Ю. В. Технологія виробництва продукції рослинництва. К.: Вища шк., 1999. 271 с.
113. Агропромисловість. Рослинництво. Квасоля. <https://pidru4niki.com/75645/agropromislovist/kvasolya> (дата звернення: 03.02. 2023).
114. Зінченко О. І., Салатенко В. Н., Білоножко М. А. Рослинництво : підруч. для студ. аграр. спец. К.: Аграр. освіта, 2003. 591 с.
115. Камінський В. Ф., Голодна А. В., Шляхтуров Д. С. Інтенсифікація виробництва зернобобових культур в умовах північного Лісостепу. *Землеробство*. К., 2008. Вип. 80. С. 109–115.
116. Свідерко М. С., Болехівський В. П., Волощук І. С., та ін. Урожай і якість зерна сортів квасолі залежно від умов живлення. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2010. Вип. 52. С. 101–107.
117. Шувар А. М., Свідерко М. С., Беген Л. Л., та ін. Продуктивність квасолі залежно від елементів захисту рослин. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2013. Вип. 55 (2). С. 119–124.
118. Fagiolo di lamon della vallata bellunese. URL: <http://www.ciboitaliano.com/dettaglioortofruttilcoli.php?id=396>
119. Fininsa C. Effects of planting pattern, relative planting date and intra-row spacing on a haricot bean maize intercrop. *African Crop Science Journal*. 1997. Vol. 5, №. 1. P. 15–22.

120. Disciplinary di produzione della denominazione d'origine protetta «fagioli bianchi di rotonda». URL: <http://www.dop-igp.eu/flex/AppData/Redational/pdf/Fagioli%20Bianchi%20di%20Rotonda.pdf> (дата звернення: 03.02. 2023).

121. Romero-Arenas O., Damián Huato M. A., Rivera Tapia J. A., Báez Simón A, Huerta Lara M., Cabrera Huerta E. The Nutritional value of Beans (*Phaseolus vulgaris* L.) and its importance for Feeding of Rural communities in PueblaMexico. *International Research Journal of Biological Sciences*. 2013. Vol. 2, №. 8. P. 59–65.

122. Спосіб вирощування насіння квасолі звичайної з використанням мікробного препарату : пат. на корисну модель № 97538 заявник і патентовласник Інститут овочівництва і баштанництва НААНУ; заявл. 26.08.2014 ; опубл. 25.03.2015, Бюл. № 6.

123. Fagiolo Regione campania. Assessorato Agricoltura «Disciplinari di Produzione Integrata» Aggiornamento. 2017. URL: <http://www.agricoltura.regione.campania.it/disciplinari/2017/fagiolo.pdf> (дата звернення: 04.02. 2023).

124. Барбашов М. В. Оцінка вихідного матеріалу квасолі звичайної (*Phaseolus vulgaris* L.) для створення високоефективних рослинно-мікробних систем: автореф. дис... канд. с.-г. наук: 06.01.09. Кишенев, 2012. 21 с.

125. Турак О. Д. Продуктивність квасолі залежно від дії агротехнічних заходів вирощування в умовах Передкарпаття. *Вісник Харківського національного аграрного університету. Сер.: Ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове господарство*. 2013. № 2. С. 153–156.

126. Ковальчук Д. П. Продуктивність сортів квасолі овочевої у фазу технічної стиглості бобів. *Науковий вісник Національного ун-ту біоресурсів і природокористування України*. 2010. № 149. С. 303–306.

127. Кононенко В. М. Выращивание фасоли овощной. *Настоящий хозяин*. 2011. № 6. С. 20–21.

128. Фурман Т. В., Дудчак В. П. Особливості технології вирощування виткої квасолі. *Збір. наукових праць. Кам'янець-Подільський*. 2004. № 12. С. 112–116.

129. Шкатула Ю. М., Булаво О. В. Вплив гербіцидів та стимуляторів росту на забур'яненість та врожайність насіння квасолі. *Сільське господарство та лісівництво*. 2017. № 5. С. 232–240.

130. Devore J. L. Probability and statistics for engineering and the sciences. Cengage learning. Boston. 2011. 776 p.

131. Вирощування квасолі: поради фахівця. 2020. <https://www.apteka-sadivnyka.ua/blog/ogorod/bobovi/vyroshchuvannia-kvasoli-porady-fakhivtsia/> (дата звернення: 04.02. 2023).

132. Марков Л. Сучасні технології вирощування квасолі. *Агроном*. К., 2004. № 3. С. 86–88.

133. Аверчев А. В., Татаров О. С. Агроекологічне обґрунтування вирощування квасолі овочевої на краплинному зрошенні в умовах півдня України. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2017. №1. С. 33–37.

134. Ушкаренко В., Максимов Д., Негуляєва Н. Економічна ефективність вирощування квасолі звичайної в зрошуваних умовах Південного Степу України. *Техніка і технології АПК*. 2017. № 11. С. 36–39.
135. Гайдай Л. С. Індивідуальна продуктивність і урожайність квасолі звичайної в умовах правобережного Лісостепу України. *Сільське господарство та лісівництво*. № 7. т. 1. 2017. С. 168–177.
136. Краевская Л. С. Влияние предпосевной обработки семян на урожайность фасоли обыкновенной в почвенно-климатических условиях Правобережной Лесостепи Украины. *Вестник БГСХА*. № 2. 2017. С. 80–82.
137. Краєвська Л., Шкатула Ю. Бобові рослини в агросфері Тиврівського району Вінницької області. Матеріали II Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції: «Вітчизняна наука назламі епох: проблеми та перспективи розвитку». Збірник наукових праць. Переяслав-Хмельницький, 2014. С. 4–9.
138. Петриченко В. Ф., Мовчан К. І. Вплив способів сівби та густоти рослин на зону плодоношення та урожайність квасолі звичайної. *Корми і кормовиробництво*. 2013. Вип. 75. С. 3–11.
139. Рослинництво з основами кормовиробництва: навч. посіб. / О. М. Царенко, В. І. Троценко, О. Г. Жатов, Г. О. Жатова ; за ред. О.Г. Жатова. Суми : Унів. книга, 2003. 384 с.
140. Червін В. Вирощування квасолі бізнес який можна організувати в селі. [https://www.lazy-and-rich.biz.ua/biznes-ideyi/vyroshhuvannya-kvasoli-biznes-yakuj-mozhna-organizovat-v-seli/](https://www.lazy-and-rich.biz.ua/biznes-ideyi/vyroshhuvannya-kvasoli-biznes-yakuj-mozhna-organizuvat-v-seli/) (дата звернення: 04.02. 2023).
141. Носенко Ю. Товарне вирощування квасолі звичайної. 2015. <http://agro-business.com.ua/ahramni-kultury/item/554-tovarne-vyroshchuvanniakvasoli-zvychainoi.html> (дата звернення: 04.02. 2023).
142. Гиль Л. С., Пашковський А. І., Суліна Л. Т. Сучасне овочівництво закритого та відкритого ґрунту. Кишинів. : Рута, 2012. 468 с.
143. Гамзиков Г. П. Костик Г. И., Емельянова В. Н. Баланс и превращение азота удобрений. К : Наука, 1985.161 с.
144. Ботанічна характеристика квасолі. <http://kursak.net/botanichna-xarakteristika-kvasoli/> (дата звернення: 04.02. 2023).
145. Правила догляду та врожаю квасолі. <https://rivne1.tv/news/90808-pravila-dohlyadu-ta-vrozhayu-kvasoli> (дата звернення: 04.02. 2023).
146. Калорійність квасолі. <https://medukpro.ru/medicina/2028-kalorijnist-kvasoli.html> (дата звернення: 04.02. 2023).
147. Грищенко О. М. Біологічні особливості та селекційна цінність сортозразків квасолі овочевої для умов північного Лісостепу України : автореф. дис. канд. с.-г. наук : 06.01.05. Київ, 2015. 23 с.
148. Баля Л. В. Товарознавча характеристика зернової квасолі білої. Прогресивна техніка та технології харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі. *Економічна стратегія і перспективи розвитку сфери торгівлі та послуг*. 2011. Ч. 2. С. 3.
149. Полянська Л., Чалий О., Гуторова О. Квасоля в сучасних умовах господарювання. *Пропозиція*. 2001. № 11. С. 44–45.

150. Марченко В., Гудзь М. Механизований технологический процесс производства фасоли. *Овощеводство*. 2007. № 9. 80 с.
151. Зінченко О.І., Коротеєв А.В., Каленська С.М., Демидась Г.І., Петриченко В.Ф., Салатенко В.Н., Федорчук М.І., Ткачук В.М., Білоножко В.Я. Рослинництво: практикум (лабораторно-практичні заняття). Вінниця: Нова Книга, 2008. 536 с.
152. Головань Л. В. Особливості використання різних типів маркерних систем у селекційних дослідженнях роду *Phaseolus* L. : автореф. дис. канд. с.-г. наук : 06.01.05. Харків, 2012. 27 с.
153. Петриченко В. Ф., Бабич А. О., Колісник С. І., та ін. Наукові основи сучасних технологій вирощування високобілкових культур. *Вісник аграрної науки*. К., 2003. С. 15–19.
154. Петриченко, В.Ф., Мовчан К.І. Вплив способу сівби та густоти рослин на індивідуальну продуктивність рослин кvasолі звичайної. *Корми і кормовиробництво*. 2010. № 67. С. 64–69.
155. Босяк В. Н. Аминокислотный состав и биологическая ценность белка бобовых овощных культур. *Вісник ХНАУ. Сер. Рослинництво, селекція і насінництво, плодоовочівництво і зберігання*. 2015. Вип. 1. С. 21–28.
156. Рожнева Н. Американо-азійська гостя. Магічна, смачна та лікувальна кvasоля. *Хімія. Агрономія. Сервіс*. 2009. № 5. С. 44–53.
157. Перегуда М. А., Харченко Є І., та ін. Подрібнення насіння кvasолі в молотковій дробарці. *Хранение и переработка зерна научно-практический журнал*. 2013. № 2 (167). С. 41–43.
158. Склад і калорійність червоної кvasолі. <https://uadarin.ru/sport-i-fitness/6042-sklad-i-kalorijnist-chervonoi-kvasoli.html> (дата звернення: 06.02. 2023).
159. Lin L. Z.; Harnly J. M.; Pastor-Corrales M. S.; Luthria D. L. The polyphenolic profiles of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Food Chem*. 2008. Vol. 107. P. 399–410.
160. Chutipanyaporn P., Kruawan K., Chupeerach C., Santivarangkna C., Suttisansanee U. The effect of cooking process on antioxidant activities and total phenolic compounds of five colored beans. *FABJю* 2014. Vol. 2. P. 183–191.
161. Що потрібно знати про кvasолю? <https://harchi.info/blogs/san-ayt-j/shcho-potribno-znaty-pro-kvasolyu> (дата звернення: 06.02. 2023).
162. Bliss F. A., Common Bean, In WR Fehr, HH Hadley, eds Hybridization of Crop Plants. American Society of Agronomy: *Crop Science of America*, Madison, Wis. 1999. P. 273–284.
163. Kelly J. D., Cichy K. A. Dry Bean Breeding and Production Technologies In MA Uebersax, M Siddiq, eds, Dry Beans and Pulses Production, Processing and Nutrition. *Blackwell Publishing Ltd.*, Oxford, UK, 2012. P. 23–54.
164. Montoya C. A., Lallès J. P., Beebe S., Leterme P. Phaseolin diversity as a possible strategy to improve the nutritional value of common beans (*Phaseolus vulgaris*). *Food Research International*. 2010. Vol. 3. P. 443–449.
165. Chagas E. P., Santoro L. G. Globulin and albumin proteins in dehulled seeds of three *Phaseolus vulgaris* cultivars. *Plant Foods for Human Nutrition*. 1997. Vol. 51. P. 17–26.



166. Gepts P, Bliss F. A. Enhanced available methionine concentration associated with higher phaseolin levels in common bean seeds. *Theoretical and Applied Genetics*. 2004. Vol. 69. P. 47–53.
167. Taylor M, Chapman R, Beyaert R, Hernández-Sebastià C, Marsolais F. Seed storage protein deficiency improves sulfur amino acid content in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.): Redirection of sulfur from  $\gamma$ -glutamyl-S-methyl-cysteine. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2008. Vol. 56. P. 5647-5654.
168. Hartweck L. M., Osborn T. C. Altering protein composition by genetically removing phaseolin from common bean seeds containing arcelin or phytohemagglutinin. *Theoretical and Applied Genetics*. 2007. Vol. 95. P. 1012–1017.
169. Yasmin A., Zeb A., Khalil A. W., Paracha G. M., and Khattak A. B. Effect of processing on anti-nutritional factors of red kidney bean (*Phaseolus vulgaris*) grains. *Food and Bioprocess Technology*. 2008. Vol. 1, №. 4. P. 415–419.
170. Swetman A. A., Nicolaidis L., Wareing P. W., New J. H., Wood J. F., Hammond L. Food Processing and Preservation. Crop Post-Harvest: Science and Technology, *Principles and Practice*, 2008. Vol. 1. P. 360.
171. Soetan K. O., Oyewole O. E. The need for adequate processing to reduce the anti-nutritional factors in plants used as human foods and animal feeds: A review. *African Journal of Food Science*. 2009. Vol. 3, №. 9. 223–232.
172. Товарознавство. Квасоля овочева. [https://studwood.net/2155709/tovarovedenie/spisok\\_literaturi](https://studwood.net/2155709/tovarovedenie/spisok_literaturi) (дата звернення: 06.02. 2023).
173. Рекомендації по вирощуванню квасолі / Степанова Н. Г. і ін. Київ : Урожай, 32с.
174. Маслак О. Привабливість квасолі 2015. <http://agro-business.com.ua/agro/ekonomichnyi-hektar/item/7899-pryvablyvist-kvasoli.html> (дата звернення: 06.02. 2023).
175. Шкатула Ю. М. Ефективність симбіотичної азотфіксації в агроценозах квасолі. *Вісник Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету*. 2015. № 4. С. 73–76.
176. Каленська С.М., Шевчук О.Я., Дмитришак М.Я. Рослинництво: підручник. Київ: НАУУ, 2005. 502 с.
177. Сайко В. Ф. Проблеми і шляхи нагромадження та використання біологічного азоту в сучасному землеробстві України. *Збірник наукових праць Національного наукового центру Інститут землеробства УААН*. К.: ЕКМО, 2006. С.8–13.
178. Гриник І. В., Патица В. П., Шкатула Ю. М. Мікробіологічні основи підвищення врожайності та якості зернових культур. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2011. №4 (63). С. 7–11.
179. Крутило Д. В. Бульбочкові бактерії – гетеротрофний та симбіотрофний способи життя. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2008. С.147–161.
180. Samavat S., Mafakheri S., Shakouri M. J. Promoting Common Bean Growth and Nitrogen Fixation by the Co-Inoculation of *Rhizobium* and *Pseudomonas*

Fluorescens Isolates. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. Iran, 2012. Vol. 18, №. 3. P. 387–395.

181. Marschner H. Mineral nutrition of higher plants. London, Academic Press, London. 2005. 889 p.

182. Buerkert A., Cassman K. G., Delapiedra R., Munns D. N. Soil acidity and liming effects on stand, nodulation, and yield of common bean. *Agronomy Journal*. 1990. Vol. 82. P. 749–754.

183. Tsialtas J. T., Kassioumi M., Veresoglou D. S. Seasonal changes of N<sub>2</sub>-fixation by *Trifolium repens* in an upland Mediterranean grassland. *European Journal of Agronomy*. 2004. Vol. 21. P. 335–346.

184. Corre-Hellou G., Crozat Y. N<sub>2</sub>-fixation and N supply in organic pea (*Pisum sativum* L.) cropping systems as affected by weeds and pea weevil (*Sitona lineatus* L.). *European Journal of Agronomy*. 2005. Vol. 22. P. 449–458.

185. Kandji S. T., Ogot C. K., Albrecht A. Crop damage by nematodes in improved-fallow fields in Western Kenya. *Agroforestry Systems*. 2003. Vol. 57. P. 49-55.

186. Valenciano J. B., Casquero P. A., Boto J. A., Guerra M. Effect of sowing techniques and seed pesticide application on dry bean yield and harvest components. *Field Crops Research*. 2006. Vol. 96. P. 2–12.

187. Азотфіксація бобових культур. <https://ecoorganic.ua/blog/post/azotfiksatsiya-bobovih-kultur> (дата звернення: 06.02. 2023).

188. Tsubo M., Walker S. Shade effects on *Phaseolus vulgaris* L. intercropped with *Zea mays* L. under well-watered conditions. *Journal of Agronomy and Crop Science*. 2004. Vol. 90. P. 168–176.

189. Peoples M. B., Lilley D. M., Burnett V. F. Effects of surface application of lime and superphosphate to acid soils on growth and N<sub>2</sub>-fixation by subterranean clover in mixed pasture swards. *Soil Biology and Biochemistry*. 2016. Vol. 27. P. 663–671.

190. Lithourgidis A. S., Tsatsarelis C. A., Dhima K. V. Tillage effects on corn emergence, silage yield and labour and fuel inputs in double cropping with wheat. *Crop Science*. 2005. Vol. 45. P. 2523–2528.

191. Tittonel P. Soil fertility gradients in smallholder farms of Western Kenya: Their origin, magnitude and importance. MSc. Thesis. Wageningen University, Wageningen, The Netherlands: 2002. 233 p.

192. Stoltzenberg D., Fritz Haber Chemist, Nobel laureate, Jew. Philadelphia, Chemical Heritage Press. 2014. ISBN 0-941901-24-6.1

193. Razon L. F. Life cycle analysis of an alternative to the haber-bosch process: Non-renewable energy usage and global warming potential of liquid ammonia from cyanobacteria. *Environ Sustain Energy*. 2014. Vol. 33. P. 618–624.

194. Біологічний азот / за ред. В. П. Патики. Київ. Світ, 2003. 424 с.

195. Азотфіксація бобових культур. 2018. <https://ecoorganic.ua/blog/post/azotfiksatsiya-bobovih-kultur> (дата звернення: 07.02. 2023).

196. Петриченко В. Ф., Коць С. Я. Симбіотичні системи у сучасному сільськогосподарському виробництві. *Вісник НАН України*. 2014. № 3. С. 57–66.

197. Фізіолого-біохімічні особливості живлення рослин біологічним азотом / С. Я. Коць та ін. Київ. Логос, 2001. 271 с.
198. Моргун В. В., Коць С. Я. Симбіотична азотфіксація та її значення в азотному живленні рослин: стан і перспективи досліджень. *Фізіологія і біохімія культ. рослин*. 2008. Т. 40. № 3. С. 187–205.
199. Біологічний азот / В. П. Пати́ка та ін. Київ. Світ, 2003. 424с.
200. Грунтові бактерії та їх функції. <https://agrotest.com/article/zdorov-ya-gruntu-tsinnist-ta-tipi-gruntovih-bakterij/> (дата звернення: 07.02. 2023).
201. Мікробіологія. <https://studfile.net/preview/15922604/page:2/>
202. Оптимізація живлення рослин: біологічні добрива. Агродовідник. 2020. <https://enzim-agro.com/agrodirectory/optimizatsiya-zhivlennya-roslin-biologichni-dobryva/> (дата звернення: 07.02. 2023).
203. Гресь Г. О. Профільне навчання. Спеціальна мікробіологія : в 2 ч. Харків : Основа, 2018. Ч. 1. 76 с.
204. Клименко І. І. Характеристика екоотоксикологічного стану агроекотопів за показниками захисних функцій ґрунту. *Агроекологічний журнал*. 2014. № 2. С. 100–103.
205. Reinhold B., Hurek T., Fendrik J. Cross-reaction of predominant nitrogen-fixing bacteria with enveloped, round bodies in the root interior of kallar grass. *Appl. Environ. Microbiol* 2006. Vol. 53. P. 889 – 891
206. Козировська Н. О. Взаємодія ендодітних бактерій з рослиною на клітинному та молекулярному рівнях. *Біополімери і клітина*. 1998, Т. 14. № 6. С.488–499.
207. Bashan Y., Levanony H., Whitmoyer R. E. Root surface colonization of non-cereal crop plants by pleomorphic *Azospirillum brasilense* Cd. *J. Gen. Microbiol*. 2000. Vol. 137. P. 187–196.
208. Белявская Н. А., Козыровская Н. А., Кучеренко Л. А. и др. Взаимоотношения бактерий рода *Klebsiella* с растением и микроскопический анализ взаимодействия микроорганизмов с корнями проростков риса. *Биополимеры и клетка*. 1995. Вып. 11. № 1. С. 55– 61.
209. Martinez-Romero E., Oswald-Spring M., Miranda M. Towards the application of nitrogen research to forestry and agriculture. *Biological fixation of nitrogen for ecology and sustainable agriculture*. Berlin; Heidelberg: Springer, 1997. P. 187 – 191
210. Біологічна фіксація азоту: генетика азотфіксації, генетична інженерія штамів / С. Я. Коць монографія: в 4-х т. К. : Логос. Т. 4. 2011. 412 с.
211. Біологічна фіксація азоту: генетика азотфіксації, генетична інженерія штамів / С. Я. Коць монографія: в 4-х т. К.: Логос. Т. 3. 2011. 404 с.
212. Біологічна фіксація азоту: бобово-ризобіальний симбіоз / С. Я. Коць и др. монографія: в 4-х т. К.: Логос. Т. 2. 2011. 523 с.
213. Азотне живлення рослин. <https://uhbdp.org/article/azotne-zhyvlennia-roslyn> (дата звернення: 07.02. 2023).
214. Snapp S., Aggarwal V., Chirwa R. Note on phosphorus and cultivar enhancement of biological nitrogen fixation and productivity of maize/bean intercrops in Malawi. *Field Crop Research*. 2008. Vol. 58. P. 205–212.

215. Sanginga N. Role of biological nitrogen fixation in legume based cropping systems: A case study of West Africa farming systems. *Plant and Soil*. 2003. Vol. 252. P. 25–39.
216. Gachengo C. N., Palm C. A., Jama B., Othieno C. Tithonia and senna green manures and inorganic fertilizers as phosphorus sources for maize in Western Kenya. *Agroforestry Systems*. 2009. Vol. 44. P. 21–36.
217. Leidi E. O., Rodriguez-Navarro D. N. Nitrogen and phosphorus availability as limiting factors of N<sub>2</sub> fixation in common bean. *Spain*. 1999. P. 1–32.
218. Kouas S., Labidi N., Debez A., Abdelly C. Effect of P on nodule formation and N fixation in bean. *Agron. Sustain. Dev. Tunisia*, 2005. Vol. 25. P. 389–393.
219. Golparvar A. R. Multivariate Analysis and Determination of the Rest Indirect Selection Criteria to Genetic Improvement the Biological Nitrogen Fixation Ability in Common Bean Genotypes (*Phaseolus Vulgaris* L.). *Genetika*. Iran. 2012. Vol. 44, №. 2. P. 279–284.
220. Бенцаровський Д. М., Дацько Л. В., Кирієнко М. В. Баланс азоту в землеробстві України. *Зб. наук. Пр. ННЦ ІЗ УААН*. 2006. С. 22–25.
221. Фесик І. І. Морфологічні та функціональні особливості азотфіксуючих бактерій-симбіонтів представників родини Fabaceae. Матеріали V Всеукраїнської студентської наукової конференції «Сучасні проблеми природничих наук». Ніжин, 2010. С. 34.
222. Beede S. Improvement of Common Bean for Mineral Nutritive Content at Ciat. *Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS)*. Colombia, 2001. Vol. 1. P. 34–51.
223. Sangakkara U. R., Higa T. Effect of EM on Nitrogen Fixation by Bush Bean and Mungbean. 301 p.
224. Бойко Н. В., Зінчук М. І. До питання розробки технологій мікробіологічної меліорації осушуваних земель західного Полісся. *Біологічні системи*. 2012. Т. 4. Вип. 2. С.131–135.
225. Дегодюк Е. Г., Дегодюк С. Е. Біологічний азот у землеробстві України. ННЦ Інститут землеробства УААН. 2006. С. 13–22.
226. Kjeldahl J. A new method for the estimation of nitrogen inorganic compounds. *Z. Anal. Chem*, 1999. Vol. 22. 366 p.
227. Коць С. Я. Сучасний стан досліджень біологічної фіксації азоту. *Физиология и биохимия культурных растений*. 2011. Т. 43. № 3. С. 212–225.
228. Кретович В. Л. Біохімія засвоєння азоту повітря рослинами. К. : Наука, 1994. 167с.
229. Мікроорганізми і альтернативне землеробство / В. П. Патица та ін. К. : Урожай, 1993. 174с.
230. Мікробні препарати у землеробстві. Теорія і практика: монографія / Волкогон В. В. та ін. К. : Аграрна наука, 2006. 312 с.
231. Грицаєнко З. М., Леонтюк І. Б. Основи формування продуктивності сільськогосподарських культур за інтенсивних технологій вирощування. К. : 2008. 792 с.



232. Шишкану Г. В., Титова Н. В. Фотосинтез плодів рослин. Кишенів: Штіінца, 1995. 232 с.
233. Городній М. М., Бикін А. В., Нагаєвська Л. М. Агрохімія: Підручник. К.: Видавництво ТОВ «Алефа», 2003. 786 с.
234. Савчук О. І., Мельничук А. О., Іванченко Л. А. Вирощування квасолі за органічного виробництва. *Агропромислове виробництво Полісся*. 2013. С. 30–34.
235. Пустова З. В. Вплив бактеріальної обробки насіння на продуктивність квасолі звичайної. *Вісник ЦНЗ АПВ Харківської області*. 2011. С. 146–152.
236. Муромцев Г. С., Маршунова Г. Н., Павлова В. Ф., Зольнікова Н. В. Роль ґрунтових мікроорганізмів в фосфорному живленні рослин. *Успіхи мікробіології*. Т. 20. С. 174–198.
237. Цигура Г. О., Патика В. П. Ефективність застосування біопрепаратів при вирощуванні соняшнику. *Агроєкологічний журнал*. 2003. № 1. С. 43–46.
238. Jong-Soo J., Sang-Soo L.. Plant growth promotion in soil by some inoculated microorganisms. *The Journal of Microbiology*. 2003. Vol. 41, №. 4. P. 271–276.
239. Квасоля. Теоретичні основи селекції «Генофонд та селекція зернових бобових культур» (За ред. Б. С. Курловича та С. І. Рєп'єва), СПб, 1995, 430 с.
240. Лаврентьєва К. В., Черевач Н. В., Вінніков А. І. Дослідження ґрунтових штамів бактерій, що мобілізують нерозчинні неорганічні фосфати. *Вісник Дніпропетровського університету. Біологія, екологія*. 2006. 14(1). С. 100–104.
241. Гуральчук Ж. З. Значення арбускулярної мікоризи для забезпечення рослин фосфором та іншими елементами живлення. Фосфор і калій у землеробстві. *Проблеми мікробіологічної мобілізації*. Міжнар. науково-практична конф. Наукові доповіді. Чернігів-Харків, 2004. С. 31–40.
242. Патика В. П., Малиновська І. М., Сорокулова І. Б., Ногіна Т. М. Мобілізація важкорозчинних фосфатів добрив ґрунтовими мікроорганізмами. *Збірник наукових праць Інституту землеробства УААН*. К. : Нора Прінт. 1996. Вип.1. С.132–140.
243. Рой А. А., Залоило О. В., Чернова Л. С., Курдиш І. К. Антагоністическая активность фосфатмобилизирующих бактерий к фитопатогенным грибам и бактериям. *Агроєкологічний журнал*. 2005. № 1. С. 50–55.
244. Булавенко Л. В., Курдиш І. К. Фосфатазная активность *Bacillus subtilis* ИМВ В-7023. *Мікробіологічний журнал*. 2005. Т. 67, № 4. С. 21–27.
245. Курдиш І. К. Гранулированные микробные препараты для растениеводства: наука и практика. К.: КВЦ, 2001. 141 с.
246. Курдиш І., Рой А., Титова Л. Гранульовані препарати комплексної дії на основі азотфіксуючих та фосфатмобілізуючих бактерій. *Аграрна освіта і наука на початку третього тисячоліття*. Матер. Міжнар. науково-практ. конф. 18-21.09. Львів, 2001. Т. 1. С. 189–194.

247. Souchie E. L. Phosphate solubilization and synergism between P-solubilizing and arbuscular mycorrhizal fungi. *Pesq. agropec.* 2006. P. 1405-1411.
248. Пропозиція - Головний журнал з питань агробізнесу. <https://propozitsiya.com/ua/biologichni-fosfatmobilizatori-efektivni-dobryva-chirek-lamniy-hid> (дата звернення: 07.02. 2023).
249. Маменко П. Біологічні фосфатмобілізатори: ефективні добрива чи рекламний хід. Біозахист та біопрепарати – актуальна перспектива. Спецвипуск журналу *Пропозиція*. 2017. С. 24–26.
250. Польовий В. В. Фізіологія рослин. К.: Вища школа. 1999. 464 с.
251. Vessey J. K. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizer. *Plant and soil*. 2003. Vol. 255. P. 571–586.
252. Боронин А. М., Кочетков В. В. Биологические препараты на основе псевдомонад. *Агро XXI*. 2000. № 3. С. 3–5.
253. Helal H. M., Dressler A. Z. Mobilization and turnover of soil phosphorus in the rhizosphere. *Pflanzenernähr. Bodenk.* 1998. V. 152. P. 175-180.
254. Мошинець О. В., Косаківська І. В. Функціональна активність мікроорганізмів та їхній вплив на рослини. *Вісник ХНАУ. Серія: Біологія*. 2010. Вип. 3 (21). С. 6–22.
255. Cristofaro A. Adsorption of Phosphate and Tartrate on Hydroxy Aluminum-Oxalate Precipitates. *Soil Sci. Soc. Am.* 2000. P. 1347–1355.
256. Лаврентьева К. В., Харченко П. І., Черевач Н. В., Вінніков А. І. Фактори, що впливають на мобілізацію малорозчинних фосфатів ґрунтовими бактеріями. Біологічні науки: Мікробіологія. [http://www.rusnauka.com/24\\_SVMN\\_2008/Biologia/26604.doc.htm](http://www.rusnauka.com/24_SVMN_2008/Biologia/26604.doc.htm) (дата звернення: 07.02. 2023).
257. Grover R. Rock phosphate and phosphate solubilizing microbes as a source of nutrients for crops. *Patiala*. 2003. P. 1–51.
258. Machi Sueo Phosphate solubilizers. Japan FNCA Biofertilizer Project Group. Xelo library. 2006. P. 103–110.
259. Didiek H., Goenadi L. Bioactivation of Poorly Soluble Phosphate Rocks with a Phosphorus-Solubilizing Fungus. *Soil Sci. Soc. Am.* 2000. P. 927–932.
260. Спайнк Г. С. Rhizobiaceae – молекулярная биология бактерий, взаимодействующих с растениями. П.: Kluwer Academic Publishes. 2002. 567 с.
261. Hesham M. A. Coimmobilization of Azospirillum lipoferum and Bacillus megaterium for Successful Phosphorus and Nitrogen Nutrition of Wheat Plants. *Food Technol. Biotechnol.* 2005. P. 19–27.
262. Патица В. П., Шерстобоева О. В., Малиновська І. М., та інші. Рекомендації по ефективному застосуванню мікробіологічних препаратів у сучасному ресурсозберігаючому землеробстві. Міністерство агропромислового комплексу, Ін-т с.г. мікробіол. Чернігів. 1999. 22 с.
263. Патица В. П., Петриченко В. Ф. Мікробна азотфіксація у сучасному кормовиробництві. *Корми і кормовиробництво*. 2004. Вип. 53. С. 3–11.
264. Mehrouyan M. Ecophysiology of Nitrogen Fixation Ability on 3 cultivars Common Bean (*Phaseolus vulgaris*L.) with some types of Inoculants which contain different strains of *Rhizobium leguminosarum*; bv. Phaseoli. *Egypt. Acad. J. biolog. Sci.* Iran, 2010. Vol. 1, №. 1. P. 23–27.

265. Лисичкіна Г. А., Кожевін П. А., Звягінцев Д. Г. Динаміка чисельності *Rhizobium japonicum* у ризоплані та ризосфері різних рослин. *Мікробіологія*. Т. 52, № 4. С. 646–650.
266. Кожевін П. А. Мікробні популяції у природі. Кишинів.: В-во . Ун-т. 1989. 175 с.
267. Стоянова Ю. С. Ріст, фіксація азоту та транспірація рослин сої. Вплив температури коріння. *Фізіологія рослин*. 2007. Т. 44. № 3. С. 413–419.
268. Effect of inoculating selected climbing bean cultivars with different rhizobia strains on nitrogen fixation / G. K. Gicharu, H. M. Gitonga, H. Boga et al. Online *International Journal of Microbiology research*. Kenya, 2013. Vol. 1, №. 2. P. 25–31.
269. Троїцька Г. Н., Гадимов А. Г., Ізмайлов С. Ф. Роль малих доз нітрату та симбіотично фіксованого азоту в азотному харчуванні сої в онтогенезі. *Фізіологія рослин*. 1993. Т. 40, № 3. С. 448–457.
270. Гукова М. М., Бокангель Р. Е. Засвоєння азоту та продуктивність сої при передпосівній обробці насіння мікроелементами. *Проблеми тропічного та субтропічного сільського господарства*. С. 18–22.
271. Тимченко В. Соя: перспективи розвитку виробництва та роль у підвищенні ефективності тваринництва. *Аграрний тиждень*. 2010. № 17. С. 9–10.
272. Samavat S., Mafakheri S., Shakouri M. J. Promoting Common Bean Growth and Nitrogen Fixation by the Co-Inoculation of *Rhizobium* and *Pseudomonas Fluorescens* Isolates. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. Iran, 2012. Vol. 18, №. 3. P. 387–395.
273. Мікробні препарати у землеробстві. Теорія і практика: монографія / Волкогон В. В. та ін. К. : Аграрна наука, 2006. 312 с.
274. Коць С. Я. Сучасний стан досліджень біологічної фіксації азоту. *Фізіологія і біохімія культ. растений*. 2011. Т. 43 № 3. С. 212–225.
275. Конончук О. Б., Пида С. В., Григорюк І. П. Ефективність інокулюючої суміші «Байкал Ем-1У» – *Rhizobium phaseoli* на рослинах квасолі звичайної (*Phaseolus vulgaris* L.). *Біоресурси і природокористування*. 2012. С. 24–31.
276. Kjeldahl J. A new method for thees timation of nitrogen inorganic compounds. *Z. Anal. Chem*, 2013. Vol. 22. 366 p.
277. Поліщук В. Г. Вплив інокулювання насіння на азотфіксувальну здатність гороху і квасолі. *ННЦ «Інститут землеробства УААН»*. 2006. С. 99–105.
278. Іванюк С. В., Глявін А. В. Оцінка сортозразків квасолі звичайної за вегетуючими ознаками. *Бюлетень Нікітського ботанічного саду*. 2009. Вип. 99. С. 60–65.
279. Graham P. H., Ranalli P. Common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Field Crops Res*. 2017. Vol. 53, №. 1-3. P. 131–146.
280. Ушкаренко В. О., Лавренко С. О., Максимов Д. О. Математичне моделювання врожаю зерна квасолі and grain productivity. *Silske gospodarstvo ta lisivnytstvo*. Vinnytsia, 2016. №. 4. P. 118–124.

281. Ушкаренко В. О., Лавренко С. О., Максимов Д. О. Урожайність зерна кvasолі звичайної залежно від обробітку ґрунту, мінеральних добрив та ширини міжряддя при зрошенні. *Меліорація і водне господарство*. 2017. Вип. 106. С. 71–76.
282. Камінський В. Ф. Значення сорту в сучасних технологіях вирощування зернобобових культур. *Корми і кормовиробництво*. 2006. № 57. С. 84–94.
283. Камінський В. Ф., Голодна А. В. Стан і перспективи виробництва зернобобових культур в Україні. *Зб. наук. пр. Ордена Червоного прапора Ін-ту землеробства УАН*. К.: Нора-прінт, 2000. Вип. 2. С. 141–147.
284. Петриченко В. Ф., Камінський В. Ф., Патица В. П. Бобові культури і сталий розвиток агроєкосистем. *Корми і кормовиробництво*. Вінниця: Тезис, 2003. Вип. 51. С. 3–6.
285. Попов А. П., Полянская А. П., Приживара А. К. Все про кvasолю-концентраті незамінних амінокислот. 1991. № 1. С.41–44.
286. Силенко С. І. Селекційна цінність сучасного генофонду кvasолі та створення вихідного матеріалу для селекції в лівобережній частині Лісостепу України. Автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук : 06.01.05. Херсон, 2009. 20 с.
287. Іванюк С. В., Лехман А. А., Овчарук О. В. Мінливість показників якості зерна сортів кvasолі звичайної в умовах Лісостепу правобережного України. *Корми і кормовиробництво*. 2015. Вип. 80. С. 17–24.
288. Значення сорту, та якості сортового насіння в сільськогосподарському виробництві. [https://vuzlit.com/696322/znachennya\\_sortu\\_yakosti\\_sortovogo\\_nasinnya\\_silskogospodarskomu\\_virobnitstvi](https://vuzlit.com/696322/znachennya_sortu_yakosti_sortovogo_nasinnya_silskogospodarskomu_virobnitstvi) (дата звернення: 08.02. 2023).
289. Технологія вирощування кvasолі. <https://agronomy.com.ua/statti/nishevi-kultury/129-tekhnohiiia-vyroshchuvannia-kvasoli.html> (дата звернення: 08.02. 2023).
290. Галан М. С., Калагурка О. Б., Гук Р. М. Склад колекції кvasолі в Інституті сільського господарства Карпатського регіону НААН. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2015. Вип. 58 (II). С. 41–47.
291. Голохоринська М. Г., Овчарук О. В., Величко С. Й. Створення нових сортів кvasолі та їх впровадження у виробництво. *Селекція і насінництво*. 2005. № 90. С. 149–152.
292. Tapia H. Mejoramiento varietal del frijol en Nicaragua. Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias, Managua. 1997. 20 p.
293. Debouck D. G., Toro O., Paredes O. M., Johnson W. C., & Gepts P. Genetic diversity and ecological distribution of *Phaseolus vulgaris* (Fabaceae) in northwestern South America. *Economic Botany*. 1993. Vol. 47. P. 408–423.
294. Beebe S., Skroch P. W., Tohme J., Duque M. C., Pedraza F. & Nienhuis J. Structure of genetic diversity among common bean landraces of Middle American origin based on correspondence analysis of RAPD. *Crop Science*. 2000. Vol. 40. P. 264–273.

295. Serwinski J. Reporting on the assessment of plant genetic erosion. In: Serwinski, J. & Faberová, I. eds. Proceedings of the Technical Meeting on the Methodology of the FAO World Information and Early Warning System on Plant Genetic Resources, 21-23 June, *Research Institute of Crop Production*, Prague. 1999. P. 123–165.

296. Запорукою щедрого урожаю є правильний вибір сортів та гібридів зернових культур. <https://dpss-te.gov.ua/golovni-novini/zaporukoju-shchedrogo-urozhaiu-e-pravilnii-vibir-sortiv-ta-gibridiv-zernovih-kultur> (дата звернення: 08.02. 2023).

297. Мазур О. В., Колісник О. М., Телекало Н. В. Генотипні відмінності сортозразків квасолі звичайної за технологічністю. *Сільське господарство та лісівництво*. Вінниця, 2017. № 7. Т. 2. С. 33–39.

298. Оліфірович С. Й., Оліфірович В. О. Урожайність вітчизняних сортів квасолі звичайної (зернової) в умовах південної частини Лісостепу Західного. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2020. Вип. 68 (I). С.162–175.

299. Еколого-біологічні та технологічні принципи вирощування польових культур : навч. посібник / В. Д. Палпмарчук та ін. Вінниця. ФОП Данилюк, 2010. 636 с.

300. Системи сучасних інтенсивних технологій у рослинництві. [https://pidru4niki.com/78607/agropromislovist/pidgotovka\\_nasinnya\\_sivbi\\_sivba](https://pidru4niki.com/78607/agropromislovist/pidgotovka_nasinnya_sivbi_sivba) (дата звернення: 08.02. 2023).

301. Сорти квасолі з фото і назвою. <https://barra.com.ua/?p=8826> (дата звернення: 08.02. 2023).

302. Овчарук О. В. Агроекологічна характеристика сортів квасолі звичайної та їх продуктивність в умовах Західного Лісостепу. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва*. 2014. Вип. 85. С. 92–97.

303. Клиша А. І., Кулініч О. О., Кобос І. О. Первинне насінництво зернобобових культур. *Агрономія сьогодні* 2014. <http://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/437-pervynne-nasinnystvo-zernobobovykh-kultur.html> (дата звернення: 08.02. 2023).

304. Ветрова Е.Г., Коробка В. А. Вплив способів посіву на продуктивність різних сортів квасолі та сої. Питання землеробства та агротехніки польових культур Молдови. Кишинів, 1997. С. 167–172.

305. Мовчан К. І. Вплив способу сівби та густоти рослин на тривалість міжфазних періодів і урожайність квасолі звичайної в умовах правобережного Лісостепу України. *Зб. наук. пр. Ін-ту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН*. К.: Корзун, 2014. Вип. 21. С. 96–100.

306. Овчарук О. В. Продуктивність сортів квасолі в умовах Західного Лісостепу. *Наукові доповіді НУБіП: електрон. журн*. 2014. № 45, (травень). [http://nbuv.gov.ua/j-pdf/Nd\\_2014\\_3\\_10.pdf](http://nbuv.gov.ua/j-pdf/Nd_2014_3_10.pdf) (дата звернення: 08.02. 2023).

307. Створення нових сортів квасолі та їх впровадження у виробництво. Голохоринська М. Г., Величко С. Й., Вихристюк М. А., Овчарук О. В. *Селекція і*



насінництво: міжвід. темат. наук. зб. / Ін-т рослинництва ім. В. Я. Юр'єва УААН. Х. 2005. Вип. 9. С. 149–152.

308. Kang, M. S. Genotype-environment interaction: Progress and Prospects. In: Kang, M.S. ed. Quantitative genetics, genomics and plant breeding. CAB International, Louisiana State University, USA. P. 221–243.

309. Annicchiarico P. Genotype by environment interactions: Challenges and opportunities for plant breeding and cultivar recommendations. FAO, Rome. 2002. 159 p.

310. Кращі сорти зернової квасолі. <https://vzyatinfo.biz.ua/krashhi-sorti-zernovoi-kvasoli/> (дата звернення: 08.02. 2023).

311. Сайко О. Ю. Ефективний спосіб вирощування квасолі звичайної. *Овочівництво і багтанництво*. 2015. Вип. 61. С. 200–206.

312. Мазур О. В., Пороховник І. І. Селекція квасолі звичайної на ранньостиглість і зернову продуктивність. *Сільське господарство та лісівництво*. 2016. № 4. С. 118–124.

313. Акуленко В. В. Ріст рослин квасолі звичайної залежно від технології вирощування в північній частині Лісостепу. *Вісник ЦНЗ АПВ Харківської області*. 2014. Вип. 16. С. 5–11.

314. Технологія виробництва продукції рослинництва. Програма курсу за вимогами кредитно-модульної системи. Для студентів факультету менеджменту і економіки / за ред. Є.М. Огурцов, Л.М. Поташова, В.Г. Міхеєв, В.І. Філон, В.Ю. Будьоний, В.А. Посилаєв, О.В. Романов. Харків, ХНАУ, 2012. 30 с.

315. Сич З. Д. Мандрівка за сортом. К.: Урожай, 1992. С. 89–103.

316. Ovcharuk O. The influence of technological factors on growth and development and yield of the varieties of kidney beans [Agricultural Engineering: scientific quarter journal. 2014.Vol. 4, №. 152. P. 195-203.

317. Kariuki I. M., Loy J. P., Herzfeld T. Farmgate private standards and price premium: Evidence from the Global GAP scheme in Kenya's French beans marketing. *Agribusiness*. Vol. 28, №. 1. P. 42–53.

318. Маслюк О. Привабливість квасолі. *Агробізнес сьогодні*. 2005. № 9 (304). <http://www.agrobusiness.com.ua/ekonomichnyi-gektar/3047-pryvablyvist-kvasoli.html> (дата звернення: 08.02. 2023).

319. Квасоля: особливості вирощування. (<https://dachniki.in.ua/kvasolya-osoblyvosti-vyroshhuvannya> (дата звернення: 08.02. 2023).

320. Король Оксана. Квасоля на п'єдесталі у новому номері журналу «Агроіндустрія» <https://infoindustria.com.ua/kvasolya-na-p%D1%94destali-u-novomunomeri-zhurnalu-agroindustriya/> (дата звернення: 08.02. 2023).

321. Таблиця сівозмін: які культури можна висаджувати на одній ділянці. [https://www.apteka-sadivnyka.ua/blog/ogorod/pikluemos-prohorod\\_tablytsia\\_sivozminy-iaki-kultury-mozhna-vysadzhuvaty-na-odnii-diliansi/](https://www.apteka-sadivnyka.ua/blog/ogorod/pikluemos-prohorod_tablytsia_sivozminy-iaki-kultury-mozhna-vysadzhuvaty-na-odnii-diliansi/) (дата звернення: 08.02. 2023).

322. Посадка квасолі у відкритий ґрунт. <https://nastanova.com/gospodarstvo/posadka-kvasoli-u-vidkritij-grunt.html> (дата звернення: 08.02. 2023).

323. Lykhovyd P. V., Lavrenko S. O. Influence of tillage and mineral fertilizers on soil biological activity under sweet corn crops. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2017. Vol. 7, №. 4. P. 18–24.

324. Мовчан К. І. Формування урожайності та якості зерна квасолі звичайної залежно від способу сівби та густоти рослин в умовах лісостепу правобережного : автореф. дис. канд. с.-г. наук. 06.01.09. Вінниця, 2014. 20 с.

325. Овчарук О. В. Особливості формування врожаю квасолі залежно від строків сівби і сорту в умовах південної частини західного Лісостепу України. *Збірник наукових праць Подільського державного аграрнотехнічного університету. Київ - Подільський*, 2006. Вип. 14. С. 129–131.

326. Фурман Т. В., Дудчак В. П. Особливості технології вирощування виткої квасолі. *Збірник наукових праць. Кам'янець-Подільський*, 2004. № 12. С. 112–116.

327. Свідерко М. С., Болехівський В. П., Волощук І. С., та ін. Урожай і якість зерна сортів квасолі залежно від умов живлення. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2010. Вип. 52. С. 101–107.

328. Шувар А. М., Свідерко М. С., Беген Л.Л., та ін. Продуктивність квасолі залежно від елементів захисту рослин. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2013. Вип. 55(2). С. 119–124.

329. Технология выращивания фасоли овощной! Настоящий хозяин, *АгроЖурнал*. 2014. URL: <http://kopani.org.ua/sf-forum/?forum=2&topic=195> (дата звернення 08.02.2023)

330. Romero-Arenas O., Damián Huato M. A., Rivera Tapia J. A., Báez Simón A, Huerta Lara M., Cabrera Huerta E. The Nutritional value of Beans (*Phaseolus vulgaris* L.) and its importance for Feeding of Rural communities in PueblaMexico. *International Research. Journal of Biological Sciences*. 2013. Vol. 2, №. 8. P. 59-65.

331. Disciplina di produzione della denominazione d'origine protetta «fagioli bianchi di rotonda». URL: <http://www.dop-igp.eu/flex/AppData/Redational/pdf/Fagioli%20Bianchi%20di%20Rotonda.pdf> (дата звернення 08.02.2023).

332. Fagiolo Regione campania. Assessorato Agricoltura «Disciplinari di Produzione Integrata» Aggiornamento. 2017. URL: <http://www.agricoltura.regione.campania.it/disciplinari/2017/fagiolo.pdf> (дата звернення 08.02.2023).

333. Аверчев О. В. Агроекологічне обґрунтування вирощування квасолі овочевої на краплинному зрошенні в умовах півдня України. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2017. № 1. С. 33–37.

334. Турак О. Д. Продуктивність квасолі залежно від дії агротехнічних заходів вирощування в умовах Передкарпаття. *Вісник Харківського національного аграрного університету. Сер. Ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове господарство*. 2013. № 2. С. 153–156.

335. Файфура Д., Горун М. Агрокліматичні фактори вирощування квасолі звичайної в умовах Західного Лісостепу України. IX Міжнародна науково - практична конференція. *Вектори інноваційного розвитку освіти, науки і бізнесу в умовах глобальних змін*. 2021. С. 106–107.

336. Цицюра Я. Г., Поліщук М. І., Броннікова Л. Ф. Грунтознавство з основами геології. Частина II. Генезис, класифікація та властивості ґрунтів. Навчальний посібник. Вінниця. ТОВ Друк плюс. 2020. 676 с.
337. Лико Д. В., Лико С. М., Деркач О. А. Грунтознавство. Практикум : навч. посіб. М-во освіти і науки України. К.: Кондор, 2014. 234 с.
338. Сучасні системи землеробства / Петриченко В. Ф., Панасюк Я. Я., Заболотний Г. М., Серeda Л. П. Вінниця : Діло, 2006. 212 с.
339. Зубець М. В. Наукові основи агропромислового виробництва в зоні Лісостепу України. К.: Логос, 2004. 776 с.
340. Барвінченко В. І., Заболотний Г. М. Ґрунти Вінницької області. ВДАУ. 2004. 45 с.
341. Ґрунти України: властивості, генезис, менеджмент родючості / В. І. Купчик та ін. К.: Кондор, 2010. 414 с.
342. Марков І. Л. Бактеріальні хвороби квасолі та їх профілактика. Захист рослин. 2022. <https://www.pro-of.com.ua/bakterialni-xvorobi-kvasoli-ta-%D1%97x-profilaktika/> (дата звернення: 09.02. 2023).
343. Агрономія сьогодні. <https://agronomy.com.ua/statti/nishevi-kultury/129-tekhnohiiia-vyroshchuvannia-kvasoli.html> (дата звернення: 09.02. 2023).
344. Бабич А. О., Петриченко В.Ф. Зернобобові культури в інтенсивному землеробстві. К. : Урожай. 1990. С. 51–79.,
345. Петриченко В. Ф. Вплив способів сівби і густоти стояння рослин на структуру уражаю сої. Генетика, селекція і технологія вирощування сої в Україні і Молдові. Одеса : ВСГІ, 1991. С. 79–82.
346. Технології вирощування сільськогосподарських культур : навч. посіб. / Солошенко О. В., Гаврилович О. Ю., Солошенко В. І., Кочетові С. Х. : Торнадо, 2006. 348 с.
347. Бобось І. М. Вплив густоти рослин на господарсько-цінні ознаки сортів квасолі звичайної. *Розвиток освіти, науки та бізнесу: результати 2020: тези доп. Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції, 3-4 грудня.* Дніпро. WayScience. 2020. Т.1. С. 173–174.
348. Юрійчук І. Г., Козицький І. М. Високі врожаї квасолі. Ужгород : Карпати, 1996. 50 с.
349. Бондаренко Г. Л., Яковенко К. І. Методика дослідної справи в овочівництві і баштанництві. Херсон. Основа, 2001. 369 с.
350. Матвиенко В. А., Полянська Л. Н., Солошенко А. В. Методичні рекомендації по вирощуванні квасолі у Харківській області. Харків, 1983. 9 с.
351. Покотило О. В. Квасоля. Рек. з проведення весняно-польових робіт під урожай 2008 року в Київ. обл. Голов. упр. сільського господарства і продовольства Київ. облдержадміністрації ННЦ «Інституту Землеробства УААН» центр наук. забезп. АПВ Київ. обл. К., 2008. С. 36–39.
352. Шляхтуров Д. С. Вплив способу сівби, норми висіву та мінерального живлення на урожайність зерна квасолі. *Сучасна аграрна наука: напрями досліджень, стан і перспективи* : наук. зб. другої міжвузів. наук.-практ. конф. асп. 2002. 193 с.



353. Шляхтуров Д. С. Вплив технологічних прийомів на урожайність квасолі звичайної. *Роль біологічного землеробства у виробництві конкурентоспроможної сільськогосподарської продукції*. Матеріали наук.-практ. конф. молодих учених і спеціалістів. К. : ЕКМО, 2008. С. 60–62.

354. Пархуць Б. І. Формування продуктивності квасолі звичайної залежно від технологічних прийомів вирощування в умовах Лісостепу Західного : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук : 08.00.03. Вінниця, 2008. 20 с.

355. Барабаш О. Ю. Овочівництво: підручник. К.: Вища школа. 1994. 374 с.

356. Довідник овочівника Степу України: навчальний посібник / Латюк Г. І. та ін. ; за ред. Г. І. Латюка 4–те вид. Перероб. та допов. Одеса: ВМВ, 2010. 437 с.

357. Кутовенко В. Б., Міхаліна І. Г., Гонтар В. Т. Сучасні технології вирощування овочевих культур: навч. посібник для студентів напряму «Агрономія» агробіологічних спеціальностей вищих навчальних закладів освіти III–IV рівнів акредитації. Київ, 2013. 300 с.

358. Кулешов Н. Н. Агрономічне насінництво. Київ, Урожай. 303 с.

359. Іжик Н. К. Польова схожість насіння. К.: Урожай, 1996. 197 с.

360. Поташова Л. М., Труш О. К. Вплив норм висіву на урожайність квасолі звичайної у східному Лісостепу України. *Вісник ХНАУ Сер. Рослинництво, селекція і насінництво, плодоовочівництво і зберігання*. 2016. Вип.1. С. 177–186.

361. Таран Н. Ю., Светлова Н. Б., Оканенко О. А., та ін. Регулятори росту у формуванні адаптивних реакцій рослин до посухи. *Вісник аграрної науки*. 2004. № 8. С. 29–32.

362. Поташова Л. М., Поташов Ю. М. Роль інокуляції та біостимуляції в підвищенні продуктивності квасолі. *Вісник ХНАУ. Сер. Рослинництво, селекція і насінництво, плодоовочівництво*. 2012. № 2. С. 100–105.

363. Інокулянти для бобових культур: секрети високих врожаїв. <https://superagronom.com/articles/496-inokulyanti-dlya-bobovih-kultur-sekretiviso-kih-vrojajiv> (дата звернення: 09.02. 2023).

364. Мандровська Н. М., Кручова О. Д., Косенко Л. В. Симбіотичні властивості та біосинтетична діяльність *Rhizobium leguminosarum* Bv. Viciae шт. 250, а під впливом мінерального азоту. *Онтогенез рослин, біологічна фіксація азоту та азотний метаболізм*. 2011. С. 103–106.

365. Моргун В., Коць С. Бактеризація посівного матеріалу бобових. *Пропозиція*. 2007. № 3. С. 15–19.

366. Мікродобрива та їх роль в сучасних технологіях вирощування сільськогосподарських культур. <https://aidamin.com/ua/articles/mikroudobreniya-i-ih-roly-v-sovremennyh-tehnologiyah-vozdelyvaniya-selyskohozyaystvennyh-kulytur> (дата звернення: 09.02. 2023).

367. Агробіологічні основи вирощування сої та шляхи максимальної реалізації її продуктивності : монографія / Г. М. Заболотний та ін. 2020. ТОВ Твори, 276 с.

368. Данильченко О. М., Бутенко А. О., Радченко М. В. Продуктивність сочевиці залежно від інокуляції насіння та мінерального живлення в умовах північно-східного Лісостепу України. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2020. №2. С.19–22.

369. Мікробні препарати на основі азотфіксувальних бактерій. Агрохімія. [https://pidru4niki.com/76231/agropromislovist/mikrobni\\_preparati\\_osnovi\\_azotfiksu\\_valnih\\_bakteriy](https://pidru4niki.com/76231/agropromislovist/mikrobni_preparati_osnovi_azotfiksu_valnih_bakteriy) (дата звернення: 09.02. 2023).

370. Волкогон В. В. Мікробні препарати в землеробстві. *Збірник наукових праць ННЦ Інститут землеробства УААН*. 2006. С. 26–32.

371. Бенцаровський Д. М., Дацько Л. В., Кирієнко М. В. Баланс азоту в землеробстві України. *Збірник наукових праць ННЦ Інститут землеробства УААН*. 2006. С. 23–25.

372. Петриченко В. Ф. Виробництво зернобобових культур і сої в Україні: сучасні виклики та перспективи : *зернобобові культури та соя для сталого розвитку аграрного виробництва України 2016*: матеріали міжнар. наук. конф., м. Вінниця, 11–12 серп. 2016. С. 10–11.

373. Січкач В. І. Горох, соя, нут. Роль зернобобових у продуктивності землеробства. *Насінництво*. 2009. № 4. С. 10–13.

374. Rao S. K., Yadav S. P. Genetic analysis of biological yield, harvest index, and seed yield in lentil. *Lens news let*. 2008. Vol. 1. P. 3–5.

375. Труш О. К., Бобро М. А., Рожков А. О. Вплив передпосівної обробки бактеріальними препаратами насіння квасолі на основні елементи структури врожаю. *Селекція і насінництво*. 2018. № 114. С. 120–127.

376. Новицька Н. В., Мартинов О. М., Доктор Н. М. Вегетація квасолі під впливом передпосівної інокуляції насіння та удобрення. *Вісник ПДАА*. 2018. № 2. С. 45–48.

377. Єременко О. А., Капінос М. В. Вплив передпосівної обробки насіння на продуктивність сортів гороху посівного в умовах південного Степу України. *Таврійський науковий вісник*. 2020. № 113. С. 41–48.

378. Шляхтуров Д. С. Продуктивність сортів квасолі залежно від технологічних заходів в умовах північної частини Лісостепу. *Землеробство*. 2014. Вип. 1-2. С. 84–87.

379. Кравченко В. С., Кононенко Л. М., Вишневська Л. В., та ін. Біологізація вирощування зернобобових культур в Україні, аналіз та перспектива. *Аграрний вісник Причорномор'я*. 2019. Вип. 92. С. 83–91.

380. Доктор Н. М., Кормош С. М., Новицька Н. В., Мартинов О. М. Вплив удобрення та інокуляції на ефективність фотосинтетичної діяльності посівів квасолі. *Аграрні інновації*. 2022. № 14. С. 141–149.

381. Доктор Н. М., Новицька Н. В., Бровкін В. В. Вплив інокуляції насіння та удобрення на продуктивність квасолі звичайної. *Рослинництво та ґрунтознавство*. Vol. 10, №. 2. 2019. С. 22–28.

382. Кириченко А. М., Коваленко О. Г. Звичайна мозаїка квасолі на Київщині: етіологія хвороби та ідентифікація збудника. *Мікробіологічний журнал*. 2018. Т.80 (4). С.96–107.

383. Шевчук О. А., Первачук М. В., Вергеліс В. І. Вплив препаратів антигіберелінової дії на проростання насіння квасолі. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2018. № 1. С. 66–71.

384. Зінченко О. І., Алексєєва О. С., Приходько П. М. та ін. Біологічне рослинництво К.: Вища школа., 1996. 239 с.

385. Камінський В. Ф., Заболотний Г. М. Продуктивність сої залежно від удобрення, способів сівби та норм висіву в умовах південного Лісостепу України. Матеріали міжнародної науково-практичної конференції. *Землеробство XXI століття проблеми та шляхи вирішення*. Київ, 1999. С. 111–112.

386. Дучак Т. В., Дудчак В. П. Оптимізація вирощування квасолі багатоквіткової *Збірник наукових праць Рослинництво і землеробство*. 2010. №18. С. 92–96.

387. Лихочвор В. В. Практичні поради з вирощування зернових і зернобобових культур в умовах Західної України. Львів: Українські технології, 2001. 128 с.

388. Лавренко С. О., Лавренко Н. М., Ревтьо О. Я., Максимов Д. О. Особливості фенологічного розвитку квасолі звичайної в умовах Південного Степу України. *The development of nature sciences: problems and solutions: Conference Proceedings (The international research and practical conference)*, April 27-28, 2018. Brno: Baltija Publishing. Т.1. Р. 42–46.

389. Чинчик О. С. Особливості формування показників фотосинтетичної продуктивності квасолі звичайної під впливом екограну і мінеральних добрив. *Наукові праці інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2014. Вип. 22. С. 88–92.

390. Конончук О. Б., Веселовська О. Я. Вплив наномолібдену на ростові процеси квасолі звичайної (*Phaseolus vulgaris* L.). *Біологічні дослідження: Збірник наукових праць VIII Всеукраїнської науковопрактичної конференції з міжнародною участю Біологічні дослідження*. 2017. С. 27–28.

391. Наукові дослідження в агрономії: навчальний посібник / В. О. Ушкаренко та ін. Херсон : Грінь Д.С., 2016. 316 с.

392. Пропозиція - Головний журнал з питань агробізнесу <https://propozitsiya.com/ua/kvasolya-70-tis-grn-z-gektara-ce-realno> (дата звернення: 09.02. 2023).

393. Поташова Л.М., Труш О.К. Продуктивність сортів квасолі залежно від інокуляції насіння в Східному Лісостепу України. *Вісник ХНАУ. Серія “Рослинництво, селекція і насінництво, овочівництво”*. Харків: ХНАУ, 2013. №9. С. 253-258.

394. Дмитренко П. О., Витриховський П. І. Удобрення та густина посіву польових культур. К.: Урожай, 1975 р. С. 143–148.

395. Крикунов В. Г. Ґрунти і їх родючість. К.: Вища школа, 1993. 287 с.

396. Поздняков В. Г. Поживні посіви сої в США і Турції. Технічні культури. 2000. № 2. С. 46–48.

397. Петриченко В. Ф., Іванюк С. В. Вплив сортових і гідротермічних ресурсів на формування продуктивності сої в умовах Лісостепу. *Збірник наукових праць Інституту землеробства*. К., 2000. Вип. 3-4. С. 19–24.

398. Бахмат О. М., Чинчик О. С. Вплив системи удобрення та інокуляції насіння на продуктивність насіння сої в умовах західного Лісостепу України. *Корми і кормовиробництво*. 2008. Вип. 60. С. 37–42.

399. Глушак А. Г. Урожайність зерна сортів сої залежно від елементів технології вирощування в умовах південно-західної частини Лісостепу України. *Збірник наукових праць ПДАТУ. Кам'янець-Подільський*, 2008. Вип. 16. С. 50–52.

400. Roberts F., Roberts C. W., Johson J. J., Kyle D. E., Drell T., Coggins, J. R., Coombs G. H., Milhous W. K., Tzipori S., Ferguson D. J. P., Chakrabarti D., McLeod R. Evidence for the shikimate pathway in apicomplexan parasites. *Nature*. 2008. Vol. 393. P. 801–815.

401. Chandra R., Rajput C. B. S., Singh K. P. and other. A note of the effect of nitrogen, phosphorus and Rhizobium culture on growth and yield of french bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Haryana Journal of Horticultural Sciences*. 2007. Vol. 16, №. 1. P. 145–147.

402. Turuko M., Mohammed A. Effect of different phosphorus fertilizer rates on growth, dry matter yield and yield components of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *World Journal of Agricultural Research*. Vol. 2, №. 3. 2014. P. 88–92.

403. Спосіб вирощування насіння квасолі звичайної з використанням мікробного препарату : пат. на корисну модель № 97538 ; заявл. 26.08.2014 ; опубл. 25.03.2015, Бюл. № 6.

404. Сайко О. Ю. Ефективний спосіб вирощування квасолі звичайної. *Овочівництво і багтанництво*. 2015. Вип. 61. С. 200–206.

405. Сало О. С. Ефективність різних способів посіву квасолі Харківська штамова в Лівобережному Лісостепу України. *Вісник Харківського національного аграрного університету*. 1998. № 2. С. 137–143.

406. Малиновський Б. Особливості вирощування квасолі. 2021. Головний журнал з питань агробізнесу <https://propozitsiya.com/ua/osoblyvosti-vyroshchuvannya-kvasoli> (дата звернення: 10.02. 2023).

407. Технологія вирощування квасолі. Агрономія сьогодні. <https://agronomy.com.ua/statti/nishevi-kultury/129-tekhnohiiia-vyroshchuvannia-kvasoli.html> (дата звернення: 10.02. 2023).

408. Турак О. Д. Вплив різних способів сівби та мінерального удобрення на продуктивність квасолі звичайної (*phaseolus vulgaris*) за вирощування на дерново-підзолистому ґрунті. *Перспективні напрями та інноваційні досягнення аграрної науки: матеріали II Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції, присвяченої видатному вченому, викладачу, організатору сільськогосподарського виробництва, засновнику Херсонського земського сільськогосподарського училища, кандидату сільського господарства і лісівництва К. І. Тархову*, 22 травня. Херсон: ДВНЗ ХДАУ, 2020. 201 с.

409. Турак О. Д. Формування врожаю квасолі залежно від дії агротехнічних заходів вирощування в умовах Передкарпаття. *Вісник Сумського*



національного аграрного університету. *Агронія і біологія*. Вип. 11 (26). 2013. С.103–106.

410. Pawłowska B. Uprawa fasoli szparagowej pod folią. *Hasło ogrodnicze*, 2003. URL: <http://www.ho.haslo.pl/article.php?id=1252> (дата звернення 10.02.2023).

411. Zagyrska K. Czas siewu fasoli szparagowej - jak uprawiaj to warzywo wgruncie? *Sadyogrody*. 2015. URL:<http://www.sadyogrody.pl/warzywa/102/-czas-siewu-fasoli-szparagowej-jak-uprawiac-to-warzywo-w-gruncie,1395.html> (дата звернення 10.02.2023)

412. Commercial Snap Bean Production in Georgia. *Bulletin* 1369. July, 2013. 44 p. URL: <http://extension.uga.edu/publications/detail.cfm?number=B1369> (дата звернення 19.01.2023).

413. Носирова М. Д. Научное обоснование приемов возделывания поживного маша (азиатской фасоли - *Phaseolus aureus* P.) в условиях орошаемых земель Таджикистана : автореф дис. доктор. с.-х. наук : 06.01.01. Душамбе, 2011. 47 с.

414. Бойко П. І., Коваленко Н. П., та ін. Сівозмінний фактор у боротьбі з бур'янами. Проблеми бу'рянів і шляхи зниження забур'янення орних земель. К.: Колоб'іг, 2004. С.78–83.

415. Бомба М. Я. Бур'яни в посівах: теоретичні і прикладні аспекти регулювання чисельності. *Захист рослин*. 2000. № 9. С. 2–3.

416. Бажина Н. О. Особливості захисту посівів квасолі від бур'янів. *Новітні технології вирощування сільськогосподарських культур: тези доповідей III Міжнар. наук.-практ. конф. молодих вчених*. 22 квітня. Вінниця : Нілан-ЛТД, 2014. С. 85.

417. Веселовський І. В., Манько Ю. П., Танчик С. П., Орел Л. В. Бур'яни та заходи боротьби з ними. К.: Учбово-методичний центр Мінагропрому України, 1998. 240 с.

418. Бурда Р. І., Могильник Ж. В. Енергетичне навантаження бур'янових популяцій в агротипах зернових культур. *Агроекологічний журнал*. 2003. № 1. С. 24–29.

419. Ярош Ю. М., Трусов Б. А. Технологія виробництва сільськогосподарської продукції: Навчальний посібник для аграрних вищих навчальних закладів I-II рівнів акредитації. К.: Український Центр духовної культури, 2005. 524 с.

420. Іващенко О. О Альтернативні перспективи гербології і землеробства. *Комплексі дослідження рослин – експрелентів і системи захисту орних земель в Україні від бур'янів*. V-а науково-теоретична конференція Українського наукового товариства гербологів. 17-18 березня. К.: Колоб'іг, 2006. 159 с.

421. Wilson R .G., Wicks G. A., Fenster C. R. Weed control in field beans (*Phaseolus vulgaris*) in western Nebraska. *Weed Science*. 1980. Vol. 28. P. 295–299.

422. Berglund D., T. Courneya, D. Franzen, P. Glogoza, K. Hellevang, V. Hofman, B. Kuntz, A. Lamey, T. Scherer, and R. Zollinger. Dry bean production guide. North Dakota State Univ. Ext. Bull. 1997. P.1133.

423. Bauer T. A., Renner K. A, Penner D., Kelly J. D. Pinto bean (*Phaseolus vulgaris*) varietal tolerance to imazethapyr. *Weed Sci.* 1995. Vol. 43. P. 417–240.
424. Вітанов О. Д. Забур'яненість овочевих сівозмін. *Захист рослин.* 2002. № 3. С.10–11.
425. Гіль, Л. С., Пашковський А. І., Суліма Л. Т. Сучасні технології овочівництва закритого і відкритого ґрунту : Ч. 2. Відкритий ґрунт : навч. посіб. Вінниця : Нова Книга, 2008. 311с.
426. Іващенко О. О. Сходи бур'янів на посівах. Особливості динаміки появи сходів і методика обліків. *Захист рослин.* 2001. № 10. С. 1–2.
427. Макух Я. П. Потенційна засміченість ґрунту – реальна загроза посівам. *Проблеми бур'янів і шляхи зниження забур'янення орних земель.* Матеріали 4-ї науково-теоретичної конференції Українського наукового товариства гербологів. К.: Колобіг, 2004. С.151–155.
428. Boutin C., & Harper J. L. A comparative study of the population dynamics of five species of *Veronica* in natural habitats. *Journal of Ecology.* Vol.79. P. 199–221.
429. Манько Ю. П., Кобзиста Л. П. Ефективність контролю забур'яненості. *Карантин і захист рослин.* 2009. № 2. С. 21–23.
430. Манько Ю. П. Проблема потенційної забур'яненості ріллі, та напрями її вирішення. Особливості забур'янення посівів в сучасних умовах. К.: Світ, 2000. С.18–19.
431. Овчарук О. В. Фітосанітарний стан посівів квасолі звичайної в умовах західного Лісостепу України. *Вісник Полтавської державної аграрної академії.* 2008. № 3. С. 159–160.
432. Петришина А. А. Динаміка появи сходів бур'янів в агрофітоценозі гороху. Наукові доповіді НУБіП 2011. 7 (23) [http://www.nbu.gov.ua/ejournals/Nd/2011\\_7/11panapa.pdf](http://www.nbu.gov.ua/ejournals/Nd/2011_7/11panapa.pdf) (дата звернення: 19.01. 2023).
433. Wilson R. G. Wild proso millet (*Panicum miliaceum*) interference in dry beans (*Phaseolus vulgaris*). *Weed Sci.* 2000. Vol. 41. P. 607–610.
434. Woolley B. L., Michaels T. E., Hall M. R., Swanton C. J. The critical period of weed control in white bean (*Phaseolus vulgaris*). *Weed Sci.* 2003. Vol. 41. P. 180–184.
435. De Wit C. T., Van den Berg J. P. Competition between herbage plants; *Neth. J. Agric. Sci.* Vol.13. P. 212–221.
436. Cobucci T. Manejo e controle de plantas daninhas em feijão. In: VARGAS, L.; Roman, E. S. (Ed.) Manual de manejo e controle de plantas daninhas. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho. 2004. P. 453–480.
437. Burnside O. C., Wilson R. G., Weisberg S., Hubbard K. G. Seed longevity of 41 weed species buried 17 years in eastern and western Nebraska. *Weed Science.* 1996. Vol. 44. P. 74–86.
438. Циков В. С., Матюха Л. П. Бур'яни: шкодочинність і система захисту. Дніпропетровськ : Енем, 2006. С. 7–10.
439. Яровенко В. В., Зінченко В. І., Женченко К. Г. Способи обробітку ґрунту і розміщення насіння бур'янів по шарах ґрунту. *Вісник аграрної науки.* 1997. № 8 (532). С. 5–7.

440. Шкатула Ю. М., Булавко О. В. Вплив гербіцидів та стимуляторів росту на забур'яненість та врожайність насіння квасолі. *Сільське господарство та лісівництво* № 5. 2017. С. 232–240.

441. Glowacka A. Changes in weed infestation of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under conditions of strip intercropping and different weed control methods. *Agrobotanica*, 2016. Vol. 63, №. 2. P. 171–178.

442. Heisel T, Schou J., Andreasen C., Christensen S. Using laser to measure stem thickness and cut weed stems. *Weed Research*. 2002. Vol. 42. P. 242–248.

443. Knezevic S. Z., & Horak M. J. Influence of emergence time and density on redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus*). *Weed Science*. 1998. Vol. 46. P. 665–72.

444. Appleby A. P. A History of Weed Control in the United States and Canada - A Sequel. *Weed Sci*. 2005. Vol. 53. P. 762–768.

445. Neito J. N., Brondo M. A., Gonzalez J. T. Critical periods of the crop growth cycle for competition from weeds. *Pest Articles and News Summaries*. 2008. Vol. 14. P. 190–194.

446. Махмудов І. Забезпечення біологізації захисту рослин. *Агронерспектива*. № 1. 2010. С. 68–69.

447. Liebman M., Dyck E. Crop rotation and intercropping for weed management. *Ecol. App.* 1993. Vol. 3. P. 92–122.

448. Morishita D. Legumes. In: PNW Weed Management Handbook. Oregon State University. Corvallis, OR. U.S.A. P. 2002. 130–134.

449. Silva P. S., Oliveira O. F., Silva P. I., Silva K. M., Braga, J. D. Effect of cowpea intercropping on weed control and corn yield. *Planta Daninha, Viçosa-MG*. 2009. Vol. 27, №. 3. P. 491–497.

450. Сич З. Д., Ковальчук Д. П. Вплив норм висіву квасолі овочевої на густоту стояння рослин і тривалість вегетаційного періоду. Науковий вісн. Нац. ун-ту біоресурсів і природокористування України. 2010. № 145. С. 127–130.

451. Geren H., Avcioglu R., Soya H., Kir B. Intercropping of corn with cowpea and bean: Biomass yield and silage quality. *African J. Biotech.* Vol. 7, №. 22. P. 4100–4104.

452. Hauggaard-Nielsen H., Jørnsgaard B., Kinane J., Jensen E. S. Grain legume–cereal intercropping: The practical application of diversity, competition and facilitation in arable and organic cropping systems. *Renewable Agriculture and Food Systems*. 2008. Vol. 23. P. 3–12.

453. Танчик С. П., Цюк О. А., В'ялий С. О. Розвиток органічного землеробства в Україні. *Вісник аграрної науки*. 2010. № 1. С. 11–15.

454. Савчук О. І., Мельничук А. О., Іваненко Л. А. Вирощування квасолі за органічного виробництва. *Агрпроміслові виробництва Полісся*. 2013. Вип.6. С. 30–34.

455. Пропозиція - Головний журнал з питань агробізнесу <https://propozitsiya.com/ua/kvasolya-70-tis-grm-z-gektara-ce-realno> (дата звернення: 20.01. 2023).

456. Хвороби рослин: види, лікування та профілактика. <https://eos.com/uk/blog/hvoroby-rosllyn/> (дата звернення: 20.01. 2023).

457. Пересипкін В. Ф. Сільськогосподарська фітопатологія. Київ: Аграрна освіта, 2000. 415 с.
458. Марков І. Л. Бактеріальні хвороби квасолі та їх профілактика <https://agronomy.com.ua/statti/nishevi-kultury/524-bakterialni-khvoroby-kvasoli-ta-ikh-profilaktyka.html> (дата звернення: 20.01. 2023).
459. Сільськогосподарська фітопатологія / ред. І. Л. Марков. К.: Інтерсервіс, 2017. 573 с.
460. Лучна І. С. Зв'язок між погодними умовами та ураженістю квасолі хворобами. Селекція і насінництво. 2008. Вип. 96. С. 314–320.
461. Довідник із захисту рослин / ред. М. П. Лісовий. К.: Урожай, 1999. 743 с.
462. Романюк Л. С. Вихідний матеріал для селекції квасолі. *Збірник наукових праць Національного наукового центру Інституту землеробства НААН*. 2007. Вип. 3–4. С. 151–155.
463. Ідентифікація ознак зернобобових культур (квасоля, нут, сочевиця) / ред. В. В. Кириченко. Харків: ІР ім. В. Я. Юр'єва УААН, 2009. 118 с.
464. Пересипкін В. Ф. Сільськогосподарська фітопатологія. Київ: Аграрна освіта, 2000. 415 с.
465. Безугла О. М., Кобизева Л. Н. Генетичні ресурси рослин у вирішенні проблем селекції квасолі в Україні. *Збірник наукових праць СГІ-НЦНС*. 2015. Вип. 26 (66). С. 74–85.
466. Марков І. Л., Рубан М. Б. Довідник із захисту польових культур від хвороб і шкідників. К.: Юнівест Медіа, 2014. 384 с.
467. Хвороби квіткових і декоративних рослин: навчальний посібник / М. М. Кирик та ін. Київ, 2019. 328 с.
468. Кирик М. М., Піковський М. Й., Азаїкі С. Хвороби насіння сільськогосподарських культур: навчальний посібник. К., 2015. 340 с.
469. Píkovskiyi M. Y., Azaiki S. S., Kyryk M. M. Gray mold beans (*Phaseolus vulgaris* L.) in Ukraine. *ISCEST Conference Journal: Current studies in comparative education, science and technology*. 2015. Vol. 2, №. 2. P. 97–103.
470. Поєдинцева А.А. Основні хвороби квасолі в Україні. Шкідливість і заходи захисту. *Вісник Харківського національного аграрного університету. Сер. Фітопатологія та ентомологія*. 2019. № 1-2. С.127–133.
471. Martínez-de la Parte E., Trujillo M., Cantillo-Pérez T., García D. First report of white mould of beans caused by *Sclerotinia sclerotiorum* in Cuba. *New Disease Reports*. 2013. Vol. 27. P. 5.
472. Бельтюкова К. Г. Бактеріальні хвороби квасолі: монографія. Київ. 204 с.
473. Дудчак Т. В., Вільчинська Д. В. Перспективи вирощування виткої квасолі в умовах Поділля. *Збірник наукових праць Подільського державного аграрно-технічного університету*. 2016. Вип. 24. Ч. I. С. 69–76.
474. Кириченко А. М., Коваленко О. Г. Звичайна мозаїка квасолі на Київщині: етіологія хвороби та ідентифікація збудника. *Мікробіологічний журнал*. 2018. Т. 80. № 4. С. 96–107.



475. Мазур О. В. Сорти квасолі звичайної як чинник екологізації сільськогосподарського виробництва. *Збалансоване природокористування*. 2018. № 1. С. 169–172.
476. Bos L., Neth J. The identification of three new viruses isolated from Wisteria and Pisum in the problem of variation within the potato virus Y group. *Plant Pathol.* 1990. Vol. 76. P. 8–46.
477. Косилович Г. О., Коханець О. М. Інтегрований захист рослин: навч. посіб. Львів: Львівський національний аграрний університет, 2010. 165 с.
478. Чорнобривенко С. І. та ін. Селекція зернобобових культур: основні результати досліджень на Синельниківській селекційно-дослідній станції (1949-1969). Дніпропетровськ. С. 69–72.
479. Зернові бобові. Рекомендації з вирощування. Компанія BASF Agro. 2017. 63 с.
480. Новітні агротехнології в рослинництві : підручник / В. А. Мазур та ін. Вінниця : ФОП Рогальська І. О., 2017. 588 с.
481. Шушківська Н. І. Шкідливість горохового зерноїда та акацієвої вогнівки. *Агробіологія*. 2013. Вип. 10 (100). С.125–127.
482. Система захисту квасолі. <https://buklib.net/books/34590/> (дата звернення: 19.01. 2023).
483. Цилюрик О. І. Вплив основного обробітку ґрунту на ступінь пошкодження шкідниками та ураженість хворобами зернових культур. Зернові культури. Том 3. № 1. 2019. С. 93–101.
484. Пабат І. А. Ґрунтозахисна система землеробства. Київ: Урожай, 1992. 160 с.
485. Наукові основи агропромислового виробництва в зоні Степу України / М. В. Зубець та ін. ; Київ. Аграр. наука, 2010. 986 с.
486. Квасоля й боротьба з шкідниками. <https://ekostaratel.com.ua/ua/a458193-kvasolya-borotba-shkidnikami.html> (дата звернення: 01.02. 2023)
487. Мазур О. В. Вихідний матеріал для селекції зернобобових культур із підвищеною адаптивністю та зерновою продуктивністю в умовах Лісостепу Правобережного: монографія. Вінниця: ВНАУ, 2019. 345 с.
488. Хорошун І. В. Добір та створення вихідного матеріалу для селекції кущових сортів квасолі : автореф. дис. на здобуття наук. ступ. канд. с.-г наук : 06.01.05. Дніпропетровськ, 2010. 19 с.
489. Вирощування квасолі: які існують шкідники і методи боротьби з ними. <https://ukrdomguru.ru/korisni-poradi/2355-viroshhuvannja-kvasoli-jaki-isnujut-shkidniki-i.html> (дата звернення: 01.02. 2023).
490. Вирощування квасолі: поради фахівця. <https://www.apteka-sadivnyka.ua/blog/ogorod/bobovi/vyroshchuvannia-kvasoli-porady-fakhivtsia/> (дата звернення: 01.02. 2023).
491. Вирощування квасолі: які існують шкідники і методи боротьби з ними. <https://ukrdomguru.ru/korisni-poradi/2355-viroshhuvannja-kvasoli-jaki-isnujut-shkidniki-i.html#i-5> (дата звернення: 01.02. 2023).
492. Daba Etana. Major Insect Pests and Diseases in Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Production in Ethiopia. *Frontiers*. 2022. Vol. 2, №. 2. P. 79–87.

493. Karel A. K., Rweyemamu C. L. Yield losses in field beans following foliar damage by *Ootheca bennigseni* (Coleoptera: Chrysomelidae). *J. Econ. Entomol.* 1994. Vol. 77. P. 761–165.

494. FAO. 2021. Special Report – 2020 FAO/WFP Crop and Food Security Assessment Mission (CFSAM) to the Republic of Tajikistan. Rome. <https://doi.org/10.4060/cb3847en> (дата звернення: 01.02. 2023).

495. Khan A.U., Choudhury M. A. R, Dash C. K., Khan U. H. S. Insect pests of country bean and their relationships with temperature. Bangladesh. *Journal of Ecology.* 2020. Vol. 2, №. 1. P. 43–46.

496. Квасоля. <https://uarostok.ua/kulturi-uk/zernobobov/kvasolya/> (дата звернення: 01.02. 2023).

497. El-Fouly M. M., Abou E. A .A. El-Nou Foliar Feeding with Micronutrients to Overcome Adverse Salinity Effects on Growth and Nutrients Uptake of Bean (*Phaseolus vulgaris*) Egyptian. *Journal of Agronomy.* 2021. Vol. 43, №. 1. P. 1–12.

498. Abou El-Nour E. A. A., El-Fouly M. M., Salama Z. A. Chelated Fe and Zn foliar spray improve the tolerance of kidney bean (var. Nebraska) plants in salinized media. *Bioscience Research.* 2017. Vol.14, №. 3. P. 525–531.

499. Baloch Q. B., Chachar Q. I., Tareen M. N. Effect of foliar application of macro and micro nutrients on production of green chilies (*Capsicum annuum* L.). *J. Agric. Tech.* 2008. Vol. 4, №. 2. P. 177–184.

500. Yassen A. A., Abdallah E. F., Gaballah M. S., Zaghlool Sahar M. Allevation of salt stress on roselle plant using nano fertilizer and organic manure. *Bioscience Research.* 2018. Vol.15, №. 3. P. 1739–1748.

501. Чинчик О. С. Вплив сортових особливостей та застосування мікродобрив на формування густоти посівів сої. *Селекція, насінництво, технологія вирощування круп'яних та інших сільськогосподарських культур: досягнення і перспективи: зб. наук. пр. Міжнар. наук.-практ. конф. присв. 90-річчю від дня народження видатного вченого селекціонера О. С. Алексеевої, 25-26 квітня. ПДАТУ. Кам'янець-Подільський, 2016. С. 336–339.*

502. Господаренко Г. М. Агрохімія: підручник. Київ : Аграрна освіта, 2013. 406 с.

503. Забарна Т. А. Динаміка густоти стояння та виживаність сої залежно від позакореневих підживлень в умовах Правобережного лісостепу України. *Сільське господарство та лісівництво.* 2019. Вип. 14. С.88–95.

504. Вარიбок К. Збирання є одним із слабких місць вирощування квасолі. Агрономія. <https://agrotimes.ua/agronomiya/zbirannya-e-odnim-iz-slabkih-misc-viroshchuvannya-kvasoli/> (дата звернення: 03.02. 2023).

505. Квасоля. <https://sites.google.com/site/sajtvikladacatutunnikams/dovidnik-agronoma-1/zernovi-bobovi-kulturi/kvasola> (дата звернення: 03.02. 2023).

506. Козак Г. Квасоля – 70 тис. грн з гектара. Це реально! <https://propozitsiya.com/ua/kvasolya-70-tis-grn-z-gektara-ce-realno> (дата звернення: 06.02. 2023).

507. Перевірка насіння на схожість у воді. Як визначити схожість насіння. <https://mebel-project.zt.ua/perevirka-nasinnya-na-shozhist-u-vodi-yak-viznachiti-shozhist-nasinnya/> (дата звернення: 03.02. 2023).

508. Доктор Н. М., Мартинов О. М., Новицька Н. В. Функціонування фотосинтетичного апарату рослин квасолі звичайної в умовах Закарпаття. *Науковий вісник НУБіП України*. 2017. С. 67–73.

509. Бахмат М. І., Овчарук О. В. Вплив різної норми висіву квасолі звичайної за широкорядного способу сівби на врожайність зерна та економічну ефективність технології вирощування в умовах Правобережного Лісостепу. *Корми і кормо виробництво*. 2016. Вип. 82. С. 92–95.

510. Овчарук О.В. Основи продукційного процесу квасолі звичайної за сортової технології вирощування. *Органічне виробництво і продовольча безпека: наук. вид*. Житомир: Полісся. 2013. С. 415–420.

511. Литвинюк Г. В. Вплив погодних умов на польову схожість насіння квасолі овочевої (цукрової) залежно від строків сівби в умовах правобережного Лісостепу України. *Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України*. 2017. 21 (35). С. 277–281.

512. Поташова Л. М., Труш О. К. Продуктивність сортів квасолі залежно від інокуляції насіння в східному Лісостепу України. *Вісник Харківського національного аграрного університету*. 2013. № 9. С. 253–258.

513. Панчишин В. З., Стоцька С. В., Мойсієнко В. В., Фоміна О. П. Продуктивність квасолі звичайної (*phaseolus vulgaris*) залежно від елементів технології вирощування. *Таврійський науковий вісник. Землеробство, рослинництво, овочівництво та багтанництво*. 2021. Вип. 118. С. 145–151.

514. Ходаніцька О. О., Шевчук О. А., Ткачук О. О. Вплив стимуляторів росту на проростання насіння бобових культур. *Грааль науки*. 2021 (7). С. 125–130.

515. Задорожний В. С., Карасевич В. В., Колодій С. В., та ін. Застосування гербіцидів у посівах квасолі звичайної в умовах правобережного Лісостепу України. *Корми і кормовиробництво*. 2017. Вип. 83. С. 105–109.

516. Шкатула Ю. М. Вплив гербіцидів та стимуляторів росту на забур'яненість та біометричні показники рослин квасолі. *Сільське господарство та лісівництво*. 2019. № 1(12). С. 205–213.

517. Шевчук В. В., Золоташко Л. О., Шишкова В. В., Колібабчук А. В., Шевчук О. А. Посівні якості квасолі залежно від передпосівної обробки ретардантами. *Materialy X Miedzynarodowej naukowii-practycznej konferencji «Perspektywiczne opracowania nauka I technikami - 2014»*. Przemysl : Nauka i studia. 2014. Vol. 15. P. 54–56.

518. Каленська С. М., Новицька Н. В., Максін В. І., та ін. Посівні якості насіння зернобобових культур за впливу наночасток металів, мікродобрив та імуномодуляторів. *Зрошене землеробство*. 2018. Вип. 70. С. 17–20.

519. Созінов О. О. Принципи розвитку агросфери України в ХХІ столітті. *Зб. наук. Праць Інституту землеробства УААН*. 1999. Вип. 4. С. 91–96.

520. Камінський В. Ф., Дворецька С. П., Єфіменко Г. М. Формування продуктивності гороху за різних технологій вирощування. *Збірник наукових праць інституту землеробства НААН*. 2004. Вип.1. С. 66–69.

521. Овчарук В. І., Овчарук О. В., Білик Т. Л. Фенологічні фази росту і розвитку рослин кvasолі звичайної та їх тривалість в умовах західного Лісостепу. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва*. 2013. Вип. 83. С. 34–37.

522. Овчарук В. І., Овчарук О. В., Гаврилянчик Р. Ю. та ін. Агроєкологічні особливості формування фотосинтетичних показників кvasолі звичайної *Вісник Черкаського університету. Сер. Біологічні науки*. 2011. С. 131–136.

523. Галан М. С., Калагурка О. Б., Гук Р.М. Склад колекції кvasолі в Інституті сільського господарства Карпатського регіону НААН. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2015. Вип. 58 (II). С. 41–47.

524. Корнієнко С. І., Горова Т. К., Сайко О. Ю. Статистичні показники формування фаз вегетаційного періоду кvasолі звичайної в адаптивній селекції. *Вісник Центру наукового забезпечення АПВ Харківської області*. 2013. Вип. 17. С. 104–109.

525. Силенко С. І. Вихідний матеріал кvasолі звичайної для створення ранньостиглих сортів. *Селекція і насінництво*. 2010. Вип. 98. С. 116–125.

526. Пороховник І. Особливості формування фенологічних фаз розвитку кvasолі звичайної в умовах Лісостепу правобережного. *Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України*. 2017. Вип. 21. С. 282–286.

527. Гарбовська Т. М. Тривалість міжфазних періодів росту і розвитку кvasолі овочевої залежно від схеми розміщення рослин. *Збірник наукових праць Уманського НУС*. 2020. Вип. 96 (1). С. 457–467.

528. Пустова З. В. Вплив бактеріальної обробки насіння на продуктивність кvasолі звичайної. *Вісник ЦНЗ АПВ Харківської області*. 2011. С. 146–152.

529. Чинчик О. С. Тривалість міжфазних періодів, густина і урожайність сортів кvasолі звичайної залежно відудобрення в умовах південної частини західного Лісостепу. *Вісник Степу: наук. зб.: Стан та перспективи розвитку агропромислового виробництва України: матер. XII Всеукр. наук.-практ. конф. молодих вчених і спец., 24–25 березня 2016 р. Кіровоград : КОД, 2016. Вип. 13. С. 86–89.*

530. Чинчик О. С., Оліфірович С. Й., Оліфірович В. О. Тривалість вегетації та продуктивність сортів кvasолі звичайної в умовах південної частини Лісостепу західного. *Агробіологія*. 2021. № 1. С. 166–172.

531. Fomeg-As D. Y., Merestela T. M., Balaoing J. G., Fang-asan M. L. D. On-farm Trials of Biological Nitrogen Fixation (BNF) Technology on Beans (*Phaseolus Vulgaris*) in Mountain Province. *Benguet*. 2007. P. 1–28.

532. Христова Т. Є., Пюрко О. Є. Історичний аспект біохімічного різноманіття фотосинтезу та його роль в екології рослин і фітоіндикації. *Вісник Дніпропетровського університету*. 2009. Вип. 17, т. 3. С. 92–100.

533. Стоцька С. В. Динаміка наростання листкової поверхні та концентрація хлорофілу в конюшині лучній залежно від впливу агротехнічних прийомів вирощування в умовах Полісся. *Корми і кормовиробництво*. 2008. Вип. 62. С. 112–118.

534. Фекета І. Ю. Фізіологія рослин. Методичні вказівки з дисципліни фізіологія рослин для студентів спеціальності 6.130400 - лісове господарство – Ужгород: Вид. УжНУ «Говерла», 2011. 56 с.

535. Мусієнко М. М. Фізіологія рослин. К. : Либідь, 2005. 682 с.

536. Борисенко В. В. Листкова поверхня та фотосинтетичний потенціал посіву соняшнику залежно від умов вирощування. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва*. 2013. Вип. 83. С. 79–84.

537. Ничипорович А. А. Фізіологія фотосинтезу і продуктивність рослин. *Фізіологія фотосинтезу*. 1992. С. 7–38.

538. Фізіологія рослин : підручник / М. М. Макрушин та ін. Вінниця : Нова книга, 2006. 416 с.

539. Овчарук О. В. Теоретичне обґрунтування і агротехнічні основи продукційного процесу квасолі в умовах Правобережного Лісостепу України : дис. ... д-ра с.-г. наук : 06.01.09 / Поділ. держав. аграрно-техніч. ун-т. Кам'янець-Подільський, 2016. 398 с.

540. Орлова Л. Д. Інтенсивність фотосинтезу лучних рослин Лівобережного лісостепу України. *Вісник Дніпропетровського університету*. 2010. Вип. 18, т. 1. С. 98–104.

541. Середа І. І. Площа листкової поверхні та фотосинтетичний потенціал рослин пшениці озимої залежно від умов вирощування. *Бюлетень Інституту зернового господарства*. 2011. № 40. С. 144–147.

542. Лотиш І. І. Формування площі листкової поверхні посівів сої залежно від сорту, способу сівби та норми висіву в умовах недостатнього зволоження Лісостепу. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2017. № 1-2. С. 167–171.

543. Дідора В. Г., Ступніцька О. С. Фотосинтетична активність та урожайність сої залежно від елементів технології вирощування в умовах полісся України. *Вісник ЖНАЕУ*. 2014. № 2 (42), т. 1. С. 106–112.

544. Глушак А. Г. Фотосинтетична продуктивність посівів сої сорту Подільська 1 при різних нормах висіву. *Збірник наукових праць ПДАТУ*. 2005. Вип. 13. С. 66–68.

545. Петриченко В. Ф. Наукове обґрунтування агротехнічних заходів підвищення урожайності та якості насіння сої в Лісостепу України : автореф. дис. ... д-ра с.-г. наук : 06.00.09. Київ, 1995. 36 с.

546. Камінський В. Ф. Агробіологічні основи інтенсифікації вирощування зернобобових культур в Лісостепу України : автореф. дис. на здобуття наукового ступеня д-ра с.-г. наук : 06.01.09. Вінниця, 2006. 48 с.

547. Доктор Н. М., Кормош С. М., Новицька Н. В., Мартинов О. М. Вплив удобрення та інокуляції на ефективність фотосинтетичної діяльності посівів квасолі. *Аграрні інновації*. 2022. № 14. С. 145–151.

548. Доктор Н. М., Мартинов О. М., Новицька Н. В. Функціонування фотосинтетичного апарату рослин кvasолі звичайної в умовах Закарпаття. *Науковий вісник НУБіП України*. 2017. № 269. С. 67–73.

549. Пустова З. В. Ефективність бактеріальної обробки насіння кvasолі звичайної. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. Миколаїв, 2011. Вип. 3 (60). С. 146–151.

550. Овчарук В. І. Овчарук О. В., Мишак А. А. Фотосинтетична продуктивність кvasолі овочевої залежно від сорту в умовах південної частини західного Лісостепу. *Зб. наук. пр. – Кам'янець-Подільський*, 2012. Вип. 20. С. 10–14.

551. Бабич А. О., Петриченко В. Ф., Адамень Ф. Ф. Проблема фотосинтезу і біологічної фіксації азоту бобовими культурами. *Вісник аграрної науки*. 1996. № 2. С. 34–39.

552. Adams M. A., Turnbull T. L., Sprent J. I., Buchmann N. Legumes are different: Leaf nitrogen, photosynthesis, and water use efficiency. *Proc Natl Acad Sci USA*. 2016. Vol. 113, №. 15. P. 4098–4103.

553. Дідова В. Г. Фотосинтетична активність і продуктивність льону-довгунця залежно від позакореневого підживлення. *Вісник аграрної науки*. 2010. Вип. 2. С. 240–245.

554. *Photosynthesis: Structures, Mechanisms, and Applications* / edited by H. J. M. Hou, M. M. Najafpour, G. F. Moore, S. I. Allakhverdiev. Springer International Publishing AG, 2017. 424 p.

555. *Handbook of Analysis of Active Compounds in Functional Foods* / edited by L.M.L. Nollet F. Toldra. CRC Press Taylor & Francis Group, 2012. 924 p.

556. Лихочвор В. В. Рослинництво. Технологія вирощування. К.: Центр навчальної літератури, 2004. 811 с.

557. Кобернюк О. Т. Фотосинтетична діяльність посівів соризу в умовах південно-західної частини Лісостепу України. *Агробіологія*. 2011. Вип. 6. С. 84–87.

558. Агробіологічні основи вирощування сої та шляхи максимальної реалізації продуктивності : монографія / Г. М. Заболотний та ін. Віниця, 2020. 276 с.

559. Бабич А. О., Петриченко В. Ф., Адамець Ф. Ф. Проблеми фотосинтезу і біологічної фіксації азоту бобовими культурами. *Вісник аграрної науки*. 2008. № 2. С. 34–39.

560. Телекало Н. В. Формування фотосинтетичного апарату та урожайності зерна гороху в умовах Лісостепу Правобережного. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2015. № 1. С. 130–137.

561. Пилипенко В. С., Каленська С. М. Площа листкової поверхні та фотосинтетичний потенціал рослин гороху залежно від удобрення та інокуляції насіння. *Вісник аграрної науки*. 2017. № 4. С. 17–22.

562. Данильченко О. М. Формування фотосинтетичного апарату та врожайності зерна гороху в умовах Північно-Східного Лісостепу України. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія. Агрономія і*

біологія. 2016. № 9. С. 88–91.

563. Чинчик О. С. Особливості формування показників фотосинтетичної продуктивності квасолі звичайної під впливом екограну і мінеральних добрив. *Наукові праці інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2014. С. 88–92.

564. Петриченко В. Ф., Вишневська О. В. Фотосинтетична діяльність люпину вузьколистого в монопосівах та агроценозах в умовах Полісся України. *Корми та кормовиробництво*. 2010. № 66. С. 3–8.

565. Гончар Т. М. Формування фотосинтетичного апарату та продуктивності гороху в умовах правобережного Лісостепу України. *Збірник наукових праць Національного наукового центру Інститут землеробства УААН*. К.: ВД «ЕКМО», 2007. Вип. 3-4. С. 90–99.

566. Сінченко В. В. Оптимізація основного обробітку ґрунту при вирощуванні сої за різних попередників у Правобережному Лісостепу України : дис. ... к-та с.-г. наук : 06.01.01 / Національний університет біоресурсів і природокористування України Міністерства освіти і науки України, Київ, 2020. 190 с.

567. Овчарук О. В. Фотосинтетична продуктивність рослин сортів квасолі звичайної залежно від способів сівби в умовах Західного Лісостепу. *Зб. наук. пр. ПДАТУ. Кам'янець-Подільський*, 2014. Вип. 22. С. 16–21.

568. Петриченко В. Ф., Вишневська О. В., Тугуєва І. В. Фотосинтетична діяльність люпину вузьколистого в монопосівах та агроценозах в умовах Полісся України. *Корми і кормовиробництво*. 2010. Вип. 66. С. 3–8.

569. Бабич А. О., Підпалій І. Ф., Козяр О. М. Особливості фотосинтетичного процесу зрошуваних травосумішок залежно від складу та режиму кореневого живлення. *Корми і кормовиробництво*. 1998. № 4. С. 18–23.

570. Бабич О. А., Венедиктов О. М. Фотосинтетична діяльність та урожайність насіння сої залежно від строків сівби та системи захисту від хвороб в умовах лісостепу України. *Корми і кормовиробництво*. 2004. Вип. 53. С. 83–88.

571. Шкатула Ю. М. Фотосинтетична продуктивність рослин квасолі звичайної в умовах Правобережного Лісостепу. *Сільське господарство та лісівництво*. 2018. № 10. С. 57–65.

572. Бабич А. А., Петриченко В. Ф. Фотосинтетична продуктивність посівів та врожайність зерна сої в залежності від способу посіву та густоти рослин. *Корми та кормовиробництво*. 1991. Вип. 31. С. 7–9.

573. Киризій Д. А. Фотосинтез та зростання рослин в аспекті донорноакцепторних відносин. Київ : Логос, 2004. 191 с.

574. Золотар Ю. В. Вплив системи живлення на продуктивність сої в умовах північного Лісостепу України. *Сучасна аграрна наука: напрями досліджень, стан та перспективи*: Друга міжвуз. наук.-практ. конф. аспірантів, 27-28 лютого: тези доп. Вінниця, 2002 р. С. 38–39.

575. Физиология и биохимия сельскохозяйственных растений / Н. Н. Третьяков и др. ; под. ред. Н. Н. Третьякова. К. Колос, 2000. 640 с.



576. Краєвська Л. С. Особливості формування показників фотосинтетичної продуктивності квасолі звичайної в залежності від передпосівної обробки насіння. *Сільське господарство та лісівництво*. № 6 (т.1). 2017. С. 166–174.
577. Краєвська Л. С. Вплив передпосівної обробки насіння на врожайність квасолі звичайної (*Phaseolus vulgaris* L.). *Агроекологічний журнал*. 2017. № 2. С. 211–215.
578. Григор'єва О. М., Дімова С. Б., Алмаєва Т. М. Ефективність біопрепаратів у технології вирощування сої на чорноземі звичайному важкосуглинковому Правобережного Степу України. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2019. Вип. 29. С. 46–55.
579. Камінський В. Ф., Голодна А. В., Дворецька С. П. Зернобобові культури – джерело біологічного азоту. *Вісник аграрної науки*. 2000. № 5. С. 45–48.
580. Коць С. Я., Береговенко С. К., Кириченко Е. В., Мельникова Н. Н. Особенности взаимодействия растений и азотфиксирующих микроорганизмов : монографія. Київ : Наукова думка, 2007. 316 с.
581. Hunt S., Layzell D. Gas exchange of legume nodules and the regulation of nitrogenase activity. *Plant Physiol*. 1993. Vol. 44. P. 483–511.
582. Овчарук О. В. Особливості формування симбіотичної продуктивності сортів квасолі звичайної. *Зб. наук. пр. ПДАТУ*. Кам'янець-Подільський, 2015. Вип. 23. С. 54–59.
583. Голодна А. В. Технологічні аспекти вирощування кормових люпинів у зоні Лісостепу України : монографія. Вінниця : ТОВ «ТВОРИ», 2018. 380 с.
584. Горова Т. К. Особливості формування фаз вегетаційного періоду квасолі звичайної. *Вісник Центру наукового забезпечення АПВ Харківської області*. 2014. Вип. 17. С. 88–96.
585. Петриченко В. Ф., Тихонович І. А., Коць С. Я., та ін. Сільськогосподарська мікробіологія і збалансований розвиток агроecosystem. *Вісник аграрної науки*. 2012. № 8. С. 5–1.
586. Розводовський А. М., Бабич А. О. Зернобобові культури в інтенсивному землеробстві. К. Урожай, 1990. 115 с.
587. Фізіолого-біохімічні особливості живлення рослин біологічним азотом : монографія / С. Я. Коць та ін. Київ : Логос, 2001. 271 с.
588. Патица В. П., Гнатюк Т. Т., Булеца Н. М., Кириленко Л. В. Біологічний азот у системі землеробства. *Землеробство*. 2015. Вип. 2. С. 12–20.
589. Ribeiro V., Júnior M., Pereira G., Ferreira E.A., Enilson D. Santos J. Total chlorophyll and nutrients content in bean plants and weeds in competition. *Comunicata Scientiae*. 2017. Vol. 8. P. 307–315.
590. Петриченко В. Ф., Кобак С. Я., Чорна В. М., та ін. Формування азотфіксуючого потенціалу та продуктивності сортів сої селекції Інституту кормів та сільського господарства Поділля НААН. *Мікробіологічний журнал*. 2018. Т. 80. № 5. С. 63–75.
591. Han S., Wagner D. Role of chromatin in water stress responses in plant. J.



Exp. Botany. 2014. Vol. 65, №. 10. P. 2785–2799.

592. Колісник С. І., Кобак С. Я., Сереветник О. В. Вплив прийомів сортової технології на формування симбіотичної та насінневої продуктивності сої в умовах Лісостепу України. *Корми і кормовиробництво*. 2013. Вип. 76. С. 139–145.

593. Патица В. Ф. Мікроорганізми та біологічне землеробство. *Мікробіологічний журнал*. 1992, Т. 55. № 3. С. 95–103.

594. Бабич А. О. Світові земельні, продовольчі і кормові ресурси. К.: Аграрна наука, 1996. 558 с.

595. Ветрова Е. Г., Голбан Н. М., Коробко В. А. Зернобобові культури: горох, квасоля, соя. Кишинів: Картя молдовеняскэ, 1992. 154 с.

596. Голодна А. В., Акуленко В. В., Столяр О. О. Формування продуктивності квасолі звичайної залежно від елементів технології вирощування в північній частині Лісостепу. *Зб. наук. пр. ННЦ «Інститут землеробства НААН»*. К., 2013. Вип. 1-2. С. 120–124.

597. Фурман О. В. Оптимізація елементів технології вирощування сої в умовах Лісостепу правобережного : дис. ... к-та с.-г. наук : 06.01.09 / ННЦ Інститут землеробства НААН. Чабани, 2021. 194 с.

598. Овчарук О. В. Особливості симбіотичної продуктивності сортів квасолі залежно від способів сівби в умовах Західного Лісостепу. *Зб. наук. пр. Білоцерківського НАУ*. 2014. Вип. 1 (109). С. 89–91.

599. Патица В. П., Крутило Д. В., Ковалевська Т. М. Вплив аборигенних популяцій бульбочкових бактерій сої на симбіотичну активність інтродукованого штаму *Bradyrhizobium japonicum* 634б. *Мікробіологічний журнал*. 2004. Т. 66. № 3. С. 14–21.

600. Лемішко С. М., Черних С. А., Ярчук І. І. Підвищення прояву ефекту симбіотичної азотфіксації гороху та продуктивності посівів за застосування регуляторів росту, препаратів азотфіксуючих бактерій та органічних біостимуляторів в умовах Північного Степу України. *Аграрні інновації*. 2022. № 15. С. 47–52.

601. Кравченко В. С., Кононенко Л. М., Вишневська Л. В., та ін. Біологізація вирощування зернобобових культур в Україні, аналіз та перспектива. *Аграрний вісник Причорномор'я*. 2019. Вип. 92. С. 83–91.

602. Lerner R. B. Growing Beans in the Home Vegetable Garden. *Vegetables*. 2001. P. 1–3.

603. Дзюбайло А. Г., Мигаль І. Б. Формування продуктивності сортів сої залежно від норм висіву насіння, удобрення та інокулювання. *Корми і кормовиробництво*. 2011. Вип. 69. С. 129–132.

604. Доктор Н. М., Новицька Н. В. Вплив мінеральних добрив та інокуляції насіння на симбіотичну діяльність рослин квасолі звичайної. *Таврійський науковий вісник*. 2019. № 105. С. 55–60.

605. Биорегуляция микробно-растительных систем / Г. А. Иутинская и др. ; под общей ред. Г. А. Иутинской, С. П. Пономаренко. Киев: Ничлава, 2010. 464 с.

606. Конончук О. Б., Пида С. В., Пономаренко С. П. Ростові процеси та

бобово-ризобіальний симбіоз сої культурної за передпосівної обробки насіння рістрегуляторами Регоплант і Стімпо. *Агробіологія: зб. наук. праць*. Білоцерк. нац. аграр. ун-т. 2012. Вип. 9 (96). С. 103–107.

607. Волкогон В. В., Сальник В. П. Значення регуляторів росту рослин у формуванні активних азотфіксувальних симбіозів та асоціацій. *Фізіологія і біохімія рослин*. 2005. № 3. С. 187–197.

608. Рожков А. О., Труш О. К. Польова схожість та збереженість рослин квасолі залежно від передпосівної обробки насіння. *Вісник Харківського національного аграрного університету*. 2018. Вип.1. С. 215–224.

609. Дідович С. В., Толкачова М. З., Бутвіна О. Ю. Ефективність симбіотичної азотфіксації в агроценозах України. *Сільськогосподарська мікробіологія. Міжвідомчий тематичний наук. зб. ІСГМ УААН*. 2008. Вип. 8. С. 117–125.

610. Зернобобові культури: сучасні технології вирощування / за ред. А. В. Черенкова. Дніпропетровськ : Акцент ПП, 2014. 110 с.

611. Тихонович І. А. Підвищення ефективності симбіотичної азотфіксації у бобових. *Мікробіологічний журнал*. 1997. Т. 59. № 4. С. 14–22.

612. Нгуен Тхи Чи і ін. Фотосинтез та фіксація атмосферного азоту рослинами сої. *Фізіологія рослин*. 1983. Т. 30. Вып. 4. С. 674–671.

613. Біологічно активні речовини в рослинництві / Грицаєнко З. М. та ін. Київ : Нічлава, 2008. 352 с.

614. Мельник В. М., Кірізій Д. А., Коць С. Я. Фотосинтетичні параметри та азотфіксувальна активність у різних за ефективністю симбіотичних системах соя – *Bradyrhizobium japonicum*. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету ім. В. Гнатюка*. 2014. Вип. 3 (60). С. 272–277.

615. Продуктивність сої залежно від бактеріальної обробки насіння / Патица В. П. та ін. Київ : Урожай, 1998. 70 с.

616. Данильченко О. М. Вплив інокуляції насіння та фонів мінерального живлення на формування симбіотичного апарату чини та сочевиці. *Вісник Сумського національного аграрного університету*. 2012. Вип. 9 (24). С. 121–124.

617. Колісник С. І., Кобак С. Я., Серветник О. В. Вплив прийомів сортової технології на формування симбіотичної та насінневої продуктивності сої в умовах Лісостепу України. *Корми і кормовиробництво*. 2013. Вип. 76. С. 139–145.

618. Моргун В. В., Коць С. Я., Кириченко Е. В. Рістстимулюючі ризобактерії їх практичне застосування. *Фізіологія та біохімія культурних рослин*. 2009. Т.41. № 3. С. 187–207.

619. Гайдай Л. С. Ефективність симбіотичної азотфіксації агроценозів квасолі звичайної в залежності від передпосівної обробки насіння. *Проблеми та перспективи розвитку сучасної науки: XXVI Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції*. Вінниця, 2019. С. 9–11.

620. Доктор Н. М., Новицька Н. В. Вплив мінеральних добрив та інокуляції насіння на симбіотичну діяльність рослин квасолі звичайної.

*Таврійський науковий вісник*. 2019. № 105. С. 55–60.

621. Горова Т. К., Сайко О. Ю. Мінливість морфологічних ознак рослин квасолі звичайної у фазі технічно стиглого зеленого боба. *Овочівництво і багтанництво*. 2014. Вип. 60. С. 74–80.

622. Іванюк С. В., Глявин А. В. Оцінка сортозразків квасолі звичайної на основі кореляції кількісних ознак та індексів. *Селекція і насінництво*. 2012. С. 192–197.

623. Чинчик О. С. Вплив використання Екограну на показники симбіотичної продуктивності квасолі звичайної в умовах південної частини Лісостепу західного. *Наукові праці інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2014. Вип. 21. С. 108–112.

624. Bhattarai N., Baral B., Shrestha G., Yami K D. Effect of Micorrhiza and Rhizobium on Phaseolus Vulgaris L. *Scientific World. Nepal*. 2011. Vol. 9, №. 9. P. 66–69.

625. Волкогон В. В., Надкерничка О. В., Крутило Д. В., Ковалевська Т. М. Біопрепарати на основі бульбочкових бактерій для підвищення врожайності бобових культур. *Посібник українського хлібороба*. 2008. С. 118–119.

626. Ветрова Е. Г. Зернобобові культури: горох, квасоля, соя. Кишинів: Картя молдовеняскэ, 1982. 154 с.

627. Поташова Л.М., Огурцов Є.М. Рослинництво. Методичні рекомендації.. Харків, ХНАУ, 2014. 24 с.

628. Овчарук О. В. Оцінка продуктивності сортів квасолі звичайної в умовах Лісостепу Західного. *Зб. наук. пр. ПДАТУ*. Кам'янець-Подільський, 2013. Вип. 21. С. 17–20.

629. Клиша А. І., Хорошун І. В. Мінливість господарсько-цінних ознак у квасолі і добір урожайних форм. *Бюлетень інституту зернового господарства*. 2009. № 36. С. 159–162.

630. Бабич А. О., Новохацький М. Л. Взаємозв'язок елементів структури продуктивності сої залежно від попередника, сорту та норми висіву насіння. *Корми і кормовиробництво*. 2002. Вип. 48. С. 112–115.

631. Lavrynenko Y. O., Kuzmych V. I., Klubuk V. V. Regression and correlation analysis of soybean productivity elements. *Таврійський науковий вісник*. Херсон. 2015. № 92. С. 60–64.

632. Кондратенко М. І. Формування адаптивності ознак зернової продуктивності колекційних зразків гороху посівного різних морфо типів в умовах Правобережного лісостепу України. *Корми і кормовиробництво*. 2015. Вип. 81. С. 21–30.

633. Поташова Л.М. Використання біопрепаратів при вирощуванні квасолі у Східному Лісостепу України. *Вісник ХНАУ. Серія "Рослинництво, селекція і насінництво, овочівництво"*. Харків: 2015. №1. С. 253-258.

634. Кобак С. Я., Дудченко В. І. Формування урожаю зеленої маси та зерна гороху польового (пелюшки) за різних норм висіву насіння при вирощуванні у Західному Поліссі. *Корми і кормовиробництво*. 2017. Вип. 84. С. 108–111

635. Калініченко В. М. Вплив агрокліматичних умов на урожайність і якість зерна сої. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2003. № 6. С. 98–100.

636. Опря А. Т. Статистичні методи аналізу урожаю й урожайності: особливості комплексного використання при концептуальному визначенні урожайності як економічної категорій. *Наукові праці Полтавської державної аграрної академії. Серія: Економічні науки*. 2011. Вип. 2. Т. 1. С. 181–193.

637. Schnug B., Beuerlin J. Harvesting, drying, handling and storage. *The Soybean in Ohio. USA, 1997. P. 96–100.*

638. Шеманьов В. І., Ковалевська Н. І., Морозов В. В. Насінництво польових культур: навч. посібник. Дніпропетровськ: ДДАУ, 2004. 232 с.

639. Іванюк С. В. Формування сортових ресурсів сої відповідно до біокліматичного потенціалу регіону вирощування. *Корми і кормовиробництво*. 2012. Вип. 71. С. 34–40.

640. Петриченко В. Ф., Кобак С. Я., Темрієнко О. О. Особливості симбіотрофного живлення та формування урожайності сортів сої в умовах Лісостепу правобережного. *Корми і кормовиробництво*. 2018. Вип. 86. С. 77–86.

641. Дидович С. В., Толкачев Н. З., Мельничук Т. Н. и др. Биопрепараты в агротехнологиях выращивания зернобобовых культур. *Бюллетень Регионального ЦНО АПП АР Крым. Агромир. Симферополь*, 2012. № 13. 8 с.

642. Сереветник О. В. Сортова реакція сої на спосіб передпосівної обробки насіння в умовах Правобережного Лісостепу України. *Корми і кормовиробництво*. 2012. Вип. 73. С. 78–83

643. Лазарь В. Г. Секрети сої. *Агроогляд*. 2000. С. 170.

644. Pirbalouti A. G., Alahdadi I., Akbari G. A., Golparvar A. R. Nitrogen Fixation on Common Bean Cultivars as Affected by Inoculation of Different Strains of *Rhizobium leguminosarum* biovar phaseoli in Shahrekord Region. *Proceedings of the Fourth International Iran and Russia Conference*. 2002. Vol. 2. P. 475–484.

645. Панасенко О. Л. Вплив зволоження та сучасних інокулянтів на ефективність симбіотичної азотфіксації, урожайність і якість зерна сої. *Вісник ХНАУ*. 2011. № 1. С. 182–186.

646. Матвієць В. Г., Силенко С. І., Кобизєва Л. Н., та ін. Амінокислотний склад білка насіння кvasолі. *Генетичні ресурси рослин*. 2008. № 5. С. 106–113.

647. Швиденко М. В. Мінливість посівних та врожайних якостей насіння кvasолі звичайної залежно від абіотичних і технологічних факторів : автореф. дис. канд. с.-г. наук. 06.01.14. Харків, 2006. 19 с.

648. Шляхтуров Д. С. Особливості формування продуктивності кvasолі залежно від технології вирощування в умовах північного Лісостепу : автореф. дис. канд. с.-г. наук. 06.01.09. Київ, 2009. 21 с.

649. Підвищення вмісту білку в зерні сої. URL : <https://www.yara.ua/crop-nutrition/soybean/improving-soybean-quality/increasingsoybean-protein-content/>. (дата звернення: 08.02. 2023).

650. Колотілов В. В., Кобизєва Л. Н., Силенко С. І. та ін. Колекція кvasолі – джерело цінних господарських ознак для перспективних напрямків селекції.

*Генетичні ресурси рослин*. 2006. № 3. С. 61–67.

651. Мовчан К. І. Формування урожайності та якості зерна квасолі звичайної залежно від способу сівби та густоти рослин в умовах Лісостепу правобережного : дис....канд. с.-г. наук : 06.01.09 / Інститут сільського господарства та кормовиробництв, Вінниця. 2014. 259 с.

652. Жук В., Баля Л. Вплив волого-термічної обробки на біологічну цінність зернової квасолі. *Товари і ринки*. 2010. № 1. С. 116–120.

653. Мельничук Т. М., Шерстобоев М. К., Толкачов М. З., Каменева І. О. Застосування мікробіологічних препаратів як один із шляхів поліпшення якості продукції рослинництва. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2005. № 4. С. 23–26.

654. Комплексне застосування біопрепаратів на основі азотфіксуючих, фосформобілізуючих мікроорганізмів, фізіологічно активних речовин і біологічних засобів захисту рослин / В. П. Патики та ін. Київ : Аграрна наука. 2000. 35 с.

655. Biochemistry and molecular biology of antioxidants in the rhizobia-legume symbiosis. M. Matamoros, D. Dalton, J. Ramos et al. *Plant Physiol.* 2003. Vol. 133. P. 499–509.

656. Гвачіліані П. С. Вплив способів посіву та площі харчування на врожайність, хімічний склад та технологічні властивості квасолі в поливних зернобобових культурах. Рига, 1968. Т. 2. С. 19–28.

657. Кравченко В. С., Кононенко Л. М., Вишневська Л. В. Біологізація вирощування зернобобових культур в Україні, аналіз та перспектива. *Аграрний вісник Причорномор'я*. 2019. Вип. 92. С. 83–91.

658. Баля Л. В. Визначення хімічного складу та якісних характеристик зернової квасолі білої. *Зернові продукти і комбікорми*. 2016. №.1. С. 17–20.

659. Донченко Л. В., Надькта В. Д. Безопасность пищевой продукции. К. : Колос. 2001. 528 с.

660. Волощук В. П., Рахметов Д. Б. Економічна та енергетична ефективність вирощування топінсоняшника в умовах правобережного Полісся України. *Таврійський науковий вісник*. 2019. № 109. Ч.1. С. 10–15.

661. Дудка М. І., Якунін О. П., Пустовий С. І. Агроекономічна ефективність вирощування зерна кукурудзи залежно від фону удобрення та позакореневого підживлення. *Зернові культури*. 2020. Т. 4. № 1. С. 313–318.

662. Ткачук О. П. Еколого-економічна та біоенергетична оцінка технологій вирощування пшениці озимої після бобових багаторічних трав. *Зернові культури*. 2022. Том. 6. № 1. С. 124–132.

663. Шибаніна О. В., Шаповалова І. В., Твердовська А. О. Роль регулювання галузей рослинництва у підвищенні конкурентоспроможності аграрного сектора економіки України. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2019. Вип. 4. С. 4–11.

664. Кабак О. Біоенергетичні показники вирощування квасолі в умовах півдня України. Зб. наук. пр. XXIII наук. конф. студ. та магістрів. *Напрями досліджень в аграрній науці: стан та перспективи*. Вінниця: РВВ ВДАУ, 2009. С. 137–140.

665. Шкатула Ю. М., Краєвська Л. С. Шляхи підвищення продуктивності квасолі в умовах Вінницької області. *Сучасні агротехнології: тенденції та інновації*: Мат. Всеукр. наук.-практ. конф. Вінниця, 2015. Т.3. 349–352 с.
666. Стратегічні напрями розвитку сільського господарства України на період до 2020 року / за ред. Ю. О. Лупенка, В. Я. Месель-Веселяка. Київ : ННЦ «ІАЕ», 2012. 182 с.
667. Медведовський О. К., Іваненко П. І. Енергетичний аналіз інтенсивних технологій в сільськогосподарському виробництві. К.: Урожай, 1998. 206 с.
668. Крайняк О. К. Економічний та біоенергетичний аналіз технологій вирощування зернобобових культур. *Інноваційна економіка: Всеукраїн. наук.-вироб. журн. Економічна діагностика підприємства*. 2008. С. 109–113.
669. Кулик А. П., Бойко П. О. Енергетичний аналіз в сільськогосподарському виробництві: підручник / за ред. А. П. Кулика. Київ: Урожай, 2010. 201 с.
670. Лаврик І. М. Оптимізація елементів технології вирощування люпину вузьколистого та люпину білого в умовах північно-східного Лісостепу України : дис. ... канд. с.-г. наук : 06.01.09. Сумський національний аграрний університет. Суми, 2014. 219 с.
671. Расевич І. В. Особливості трансферу технологій сільськогосподарського виробництва України. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2021. № 2. С. 12–17.
672. Казакова І. В. Економічна та енергетична оцінка ресурсозберігаючих технологій вирощування сільськогосподарських культур. *Інноваційна економіка: всеукр. наук.-виробн. журн.* 2012. № 2. С. 113–116.
673. Dozet G., Cvijanovic G. Varietal Adaptability of Organic Green Beans Cultivated Using Microbial Preparations. Serbia. 2011. Vol. 23. P. 431–443.
674. Дідович С. В., Мальцева І. А. Ефективність застосування альгорізобактеріального консорціуму при вирощуванні бобових рослин. *Біологічний вісник МДПУ*. 2012. № 2. С. 67–73.
675. Мазур В. А., Гайдай Л. С. Економічна ефективність технології вирощування квасолі. *Сільське господарство та лісівництво*. 2018. Вип. 9. С. 17–28.
676. Abd-Alla M. H. Nodulation and nitrogen fixation in interspecies grafts of soybean and common bean is controlled by isoflavonoid signal molecules translocated from shoot. *Plant Soil Environ. Egypt*. 2011. Vol. 57. P. 453–458.
677. Мацибора В. І. Економіка сільського господарства : підручник / В. І. Мацибора. К. : Вища шк., 1994. 415 с.
678. Гамаюнова В. В., Смірнова І. В. Економічна ефективність вирощування сортів пшениці озимої залежно від оптимізації живлення. *Наукові горизонти. Scientific Horizons*. 2018. № 1 (64). С. 10–14.
679. Калетнік Г. М. Біопаливо. Продовольча, енергетична та екологічна безпека України: монографія. К. : Хай-Тек Прес, 2010. 516 с.
680. Грідін О. В. Сучасний стан та тенденції розвитку сфер виробництва, переробки та реалізації зерна: український та загальносвітовий контекст.

*Східна Європа: економіка, бізнес та управління*. 2018. № 3(14). С. 54–62.

681. Каленська С. М., Новицька Н. В., Гарбар Л. А. Біоенергетична оцінка елементів технології вирощування сої. *Наукові доповіді НУБіП*. Київ, 2011. № 6 (28). С.134–142.

682. Ященко О. І., Романюк О. П. Економічні та соціальні аспекти оцінки ефективності. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2008. Вип. 18. № 6. С. 237–238.

683. Мартьянов В. П. Методические указания для проектов (работ) по экономической и энергетической оценки результатов исследований. Х.: Ред.-изд. отдел ХГАУ, 1996. 30 с.

684. Каленська С. М., Новицька Н. В., Барзо І. Т. Економічна ефективність вирощування нуту в умовах правобережного Лісостепу України. *Молодий вчений*. 2014. № 10 (13). С. 18–20.

685. Федорук І. В. Сортова продуктивність зерна сої залежно від інокуляції насіння та внесення мікродобрив в умовах Лісостепу західного : дис. ... канд. с.-г. наук : 06.01.09 / Поділ. держав. аграрно-техніч. ун-т. Кам'янець-Подільський, 2021. 251 с.

686. Шевніков М. Я., Міленко О. Г. Біоенергетична оцінка вирощування сої за різних технологій. *Таврійський науковий вісник*. 2015. № 94. С. 83–87.

687. Тараріко Ю. О., Несмашна О. Є., Глущенко Л. Д. Енергетична оцінка систем землеробства і технологій вирощування сільськогосподарських культур: методичні рекомендації. К.: Нора-прінт. 2001. 59 с.

688. Крайняк О. К. Економічний та біоенергетичний аналіз технологій вирощування зернобобових культур. *Інноваційна економіка. Економічна діагностика підприємства*. Тернопіль. 2008. № 3. С. 109–111.

689. Біоенергетичні зрошувані агроєкосистеми. Науково-технологічне забезпечення аграрного виробництва (Південний Степ України) / За ред. Ю. Татаріко. К. : ДІА, 2010. 88 с.

690. Булигін Д. О. Аналіз біоенергетичних показників умов зволоження та густоти стояння новітніх сортів сої. *Таврійський науковий вісник*. 2013. № 85. С. 18–22.

691. Тараріко Ю. О., Несмашна О. Е., Глущенко Л. Д. Енергетична оцінка систем землеробства і технологій вирощування сільськогосподарських культур. Методичні рекомендації. К.: Нора-прінт, 2001. 60с.

## **ДОДАТКИ**



Додаток А.1

## РЕЄСТРАЦІЙНА КАРТКА НДР І ДКР (РК)

5436. Державний реєстраційний номер <u>015 U 006788</u>	5256. Особливі позначки <u>5</u>
5517. Реєстраційний номер, що змінюється	7209. Статус виконавця <u>17</u>
5418. №, дата супровідного листа <u>12-48-2341; 13.11.15</u>	
7146. Підстави для проведення роботи НДР (ДКР) <u>43</u>	7021. Шифр роботи
7210. Державний реєстраційний номер НДР (ДКР) головного виконавця	

## ВІДОМОСТІ ПРО ВИКОНАВЦЯ

2457. Код за ЄДРПОУ (ідентифікаційний номер) <u>00497236</u>	
2151. Повне найменування юридичної особи (або П.І.Б.)	
1. <u>Вінницький національний аграрний університет</u>	
2. <u>Винницький национальный аграрный университет</u>	
3. <u>Vinnitsa national agrarian university</u>	
2358. Скорочене найменування юридичної особи <u>ВНАУ</u>	
2655. Місцезнаходження	<u>21008, м. Вінниця, вул. Сонячна, 3</u>
2934. Телефон / Факс	<u>(0432) 46-00-03</u>
2394. E-mail / WWW	<u>office@vsau.org</u>
1332. Відомча підпорядкованість	<u>Міністерство освіти і науки України</u>
1133. Сектор науки	<u>ВУЗ</u>
2142. Співвиконавці	

## ВІДОМОСТІ ПРО ЗАМОВНИКА

2458. Код за ЄДРПОУ (ідентифікаційний номер) <u>00497236</u>	
2152. Повне найменування юридичної особи (або П.І.Б.)	<u>Вінницький національний аграрний університет</u>
2656. Місцезнаходження	<u>21008, м. Вінниця, вул. Сонячна, 3</u>
2935. Телефон / Факс	<u>(0432) 46-00-03</u>
2395. E-mail / WWW	<u>office@vsau.org</u>

## ДЖЕРЕЛА, НАПРЯМИ ТА ОБСЯГИ ФІНАНСУВАННЯ НДР (ДКР)

7700. КПКВК	
7201. Напрямок фінансування	<u>2.2</u>
7023. Назва ДЦП	
7022. Код ДЦП	

Код джерела фінансування	Загальний обсяг фінансування, тис. грн.	у тому числі за роками					
		2014	2015	2016	2017	2018	2019
7704	50	15	15	15	5		

## ТЕРМІНИ ВИКОНАННЯ РОБОТИ

7353. Початок	<u>01.14</u>
7362. Закінчення	<u>04.17</u>

9036. Порядковий №, початок та закінчення етапу, вид звітного документа з НДР (ДКР); назва етапу

1. 01.14, 04.17, 91, Особливості формування та функціонування симбіозу "RHIZOBIUM PHASEOLI - КВАСОЛЯ" та шляхи підвищення його продуктивності

**ОСНОВНІ ВІДОМОСТІ ПРО НДР (ДКР)**

9027. Назва НДР (ДКР) (1- українською мовою, 2 - російською мовою, 3 - англійською мовою)  
 1. Особливості формування та функціонування симбіозу "RHIZOBIUM PHASEOLI - КВАСОЛЯ" та шляхи підвищення його продуктивності  
 2. Особенности формирования и функционирования симбиоза "RHIZOBIUM PHASEOLI - ФАСОЛЬ" и пути повышения его производительности  
 3. Peculiarities of the formation and functioning of the symbiosis "Rhizobium phaseoli - haricot bean" and ways to improve its productivity

9126. Мета НДР (ДКР)  
 Теоретичне обґрунтування і розробка наукових засад підвищення ефективності процесу фіксації молекулярного азоту симбіотичними системами Rhizobium phaseoli - квасоля та удосконалення технології вирощування квасолі на основі агроекологічно-безпечних прийомів передпосівної інокуляції, біостимуляції насіння в умовах правобережного Ліссостепу України

7199. Пріоритетний напрям 04

7191. Вид НДР (ДКР) 48

9153. Очікувані результати 03 поліпшення стану навколишнього середовища

9155. Галузь застосування

01.11 Вирощування зернових культур (крім рису), бобових культур і насіння олійних культур

9156. Експертний висновок

**ЗАКЛЮЧНІ ВІДОМОСТІ**

5634. Індекс УДК 635.652:581.557.003.13

5616. Коди тематичних рубрик 68.35.51

6111. Керівник юридичної особи Мазур Віктор Анатолійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

6210. Науковий ступінь, вчене звання керівника юридичної особи кандидат с.-г. наук, доцент

Підпис

*[Handwritten signature]* М.П.

6120. Керівник роботи (1 - українською мовою, 2 - російською мовою, 3 - англійською мовою)  
 (прізвище, ім'я, по батькові)

1. Шкатула Юрій Миколайович  
 2. Шкатула Юрій Николаевич  
 3. Yuri N. Shkatula

6228. Науковий ступінь, вчене звання керівника роботи кандидат с.-г. наук, доцент

Підпис

*[Handwritten signature]*

6141. Відповідальний за підготовку реєстраційних документів  
 Телефон 0633273143 Краєвська Любов Сергіївна

Підпис

*[Handwritten signature]*

6140. Керівник відділу УкрІНТЕІ

Підпис

*[Handwritten signature]*  
 М.П. *[Handwritten signature]*

6142. Реєстратор

Підпис

М.П.



ПОГОДЖУЮ  
Ректор Вінницького національного  
аграрного університету  
М.П. Мазур В.А.  
2018 р.



ЗАТВЕРДЖУЮ  
Директор ФГ «Зоря Василівки»  
М.П. Ільченко І.І.  
2018 р.

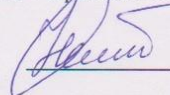


### АКТ


#### впровадження науково-дослідної роботи

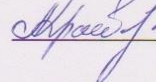
1. *Найменування наукової установи* – Вінницький національний аграрний університет Міністерства освіти і науки України.
2. *Найменування НДР, що проходить впровадження*: “Особливості формування та функціонування симбіозу “*Rhizobium phaseoli* – квасоля” та шляхи підвищення його продуктивності” (державний реєстраційний номер 0115U006788).
3. Автори завершеної НДР: Шкатула Юрій Миколайович, кандидат с.-г. наук, доцент, Гайдай Любов Сергіївна, асистент Вінницького національного аграрного університету.
4. *Впровадження проводилась в* ФГ «Зоря Василівки» с. Василівка, Тиврівського р-ну, Вінницької області.
5. *Відповідальні за впровадження*:
  - від Вінницького національного аграрного університету – Гайдай Любов Сергіївна, асистент;
  - від ФГ «Зоря Василівки» – Ільченко І.І., директор.
6. *Умови проведення впровадження*: Лісостеп правобережний, ґрунти – сірі лісові середньосуглинкові.
7. *Обсяг впровадження*: 4,5 га.
8. *Строк впровадження*: 2017 р.
9. *Методика проведення впровадження*: квасолі звичайну сорту Славія висівали за рекомендаційними нормами для зони вирощування. Перед сівбою використовували інокуляцію штамом *Rhizobium phaseoli*, Ф-16 спільно з препаратом Регоплант і прилипачем ЕПАА.
10. *Порівняння проводили* до рекомендованої технології вирощування квасолі звичайної сорту Славія.
12. *Найвищий приріст зерна становив* 0,22 т/га.
13. *Рекомендації виробництву*: вирощувати квасолі звичайну сорту Славія з передпосівною інокуляцією штамом *Rhizobium phaseoli*, Ф-16 з спільним використанням препарату Регоплант і прилипача ЕПАА.

Директор ФГ «Зоря Василівки»

 Ільченко І.І.

Кандидат с.-г. наук, доцент Вінницького  
національного аграрного університету  
Асистент Вінницького національного  
аграрного університету

 Ю.М. Шкатула

 Л.С. Гайдай





ПОГОДЖУЮ  
 Ректор Вінницького національного  
 аграрного університету

Мазур В.А.

2018 р.



ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. директора ДП ДГ «Олександрівське»

Воротнюк О.А.

2018 р.

**впровадження науково-дослідної роботи**

1. *Найменування наукової установи:* Вінницький національний аграрний університет Міністерства освіти і науки України.

2. *Найменування НДР, що проходить впровадження:* "Особливості формування та функціонування симбіозу "Rhizobium phaseoli – квасоля" та шляхи підвищення його продуктивності" (державний реєстраційний номер 0115U006788).

3. *Автори завершеної НДР:* Шкатула Юрій Миколайович, кандидат с.-г. наук, доцент, Гайдай Любов Сергіївна, асистент Вінницького національного аграрного університету.

4. *Впровадження проводилась в* ДП ДГ «Олександрівське» с. Олександрівка, Тростянецького р-ну, Вінницької області.

5. *Відповідальні за впровадження:*

- від Вінницького національного аграрного університету – Гайдай Любов Сергіївна, асистент;

- від ДП ДГ «Олександрівське» Вишневський В.М, головний агроном.

6. *Умови проведення впровадження:* Лісостеп правобережний, ґрунти – чорноземи опідзолені.

7. *Обсяг впровадження:* 7,1га.

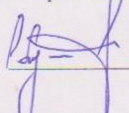
8. *Строк впровадження:* 2017 р.

9. *Методика проведення впровадження:* квасолі звичайну сорту Славія висівали за рекомендаційними нормами для зони вирощування. Перед сівбою використовували інокуляцію штамом Rhizobium phaseoli, Ф-16 спільно з препаратом Регоплант і прилипачем ЕПАА.

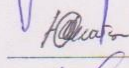
10. *Порівняння проводили до* рекомендованої технології вирощування квасолі звичайної сорту Славія.

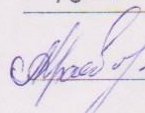
12. *Найвищий приріст* зерна становив 0,31 т/га.

13. *Рекомендації виробництву:* вирощувати квасолі звичайну сорту Славія з передпосівною інокуляцією штамом Rhizobium phaseoli, Ф-16 з спільним використанням препарату Регоплант і прилипача ЕПАА.

Головний агроном ДП ДГ «Олександрівське»  Вишневський В.М.

Кандидат с.-г. наук, доцент Вінницького національного аграрного університету  
 Асистент Вінницького національного аграрного університету

 Ю.М. Шкатула

 Л.С. Гайдай

















