

Міністерство освіти і науки України
ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет агрономії та лісівництва
Спеціальність: 201 «Агрономія»

«Допускається до захисту»
Завідувач кафедри землеробства,
грунтознавства та агрохімії
доцент _____ М.І. Поліщук
« ____ » _____ 2020 р.
протокол № ____ від _____

***Формування продуктивності люпину білого залежно від
передпосівної обробки насіння біологічними препаратами в умовах
дослідного поля ВНАУ***

01.02. – ВР 296 м 11 10 19. 053

Студент - випускник

Ю.М. Нікітчук

Керівник дипломної роботи

М.М. Неїлик

Рецензент

Вінниця 2020

ЗМІСТ

	сторінка
АНОТАЦІЯ.....	4
ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД НАУКОВОЇ ЛІТЕРАТУРИ	7
1.1 Вплив регуляторів росту рослин на бобово-ризобіальний симбіоз.....	7
1.2 Фізіологічні процеси та продуктивність бобових культур за використання рістрегуляторів	11
1.3 Ефективність сумісного застосування регуляторів росту рослин та мікробних препаратів	17
РОЗДІЛ 2. УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ	26
2.1 Ґрунтово-кліматичні умови місця проведення досліджень.....	26
2.2 Методи та методика проведення досліджень.....	31
РОЗДІЛ 3. РОСТОВІ ПРОЦЕСИ ЛЮПИНУ БІЛОГО ЗА ДІЇ РЕГУЛЯТОРІВ РОСТУ І БУЛЬБОЧКОВИХ БАКТЕРІЙ	35
3.1 Динаміка висоти рослин люпину білого за дії регуляторів росту і бульбочкових бактерій	35
3.2 Вплив передпосівної обробки насіння на динаміку кількості листків рослин люпину	38
3.3 Динаміка формування площі листкової поверхні рослин люпину білого	39
3.4 Динаміка формування маси бульбочок на коренях рослин люпину білого.....	42
РОЗДІЛ 4. НАСІННЄВА ПРОДУКТИВНІСТЬ І ЯКІСТЬ УРОЖАЮ ЛЮПИНУ БІЛОГО	46
4.1 Насіннева продуктивність рослин люпину білого	46
4.2 Накопичення сирого протеїну у насінні рослин <i>Lupinus albus</i> L. залежно від впливу регуляторів росту та мікробних препаратів	49
РОЗДІЛ 5. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ РИЗОБОФІТУ ТА РЕГУЛЯТОРІВ РОСТУ РОСЛИН ПРИ ВИРОЩУВАННІ ЛЮПИНУ БІЛОГО	52
ВИСНОВКИ.....	55
ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ.....	57
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	58
ДОДАТКИ.....	67

АНОТАЦІЯ

Обсяг дипломної роботи за темою «Формування продуктивності люпину білого залежно від передпосівної обробки насіння біологічними препаратами в умовах дослідного поля ВНАУ» становить: 68 сторінок друкованого тексту, 8 таблиць, 4 додатки, 82 літературних джерела.

Об'єкт дослідження – формування та функціонування симбіотичної системи «люпин-бульбочкові бактерії люпину», ростові, метаболічні процеси і продуктивність люпину білого сорту Серпневий, за моно- та сумісного застосування ризобофіту і регуляторів росту рослин.

Мета роботи – встановити вплив ризобофіту на основі бульбочкових бактерій люпину штамів 367а і 5500/4, регуляторів росту рослин Стимпо, Регоплант та їх сумісного застосування на ростові, фотосинтетичні процеси рослин, формування та функціонування симбіотичної системи і продуктивність люпину білого.

Методи дослідження польовий – для визначення дії і взаємодії агротехнічних факторів, які досліджували; лабораторний – проведення агрохімічного аналізу ґрунту і рослин та визначення показників хімічного складу зерна сої; вимірювально-ваговий – визначення біометричних показників формування врожаю зерна сої; математично - статистичний – встановлення достовірності отриманих результатів; розрахунково-порівняльний – визначення економічної та енергетичної ефективності вирощування сої залежно від досліджуваних факторів.

Особистий внесок полягає у розробці програми і безпосередній участі у проведенні польових досліджень, аналізі та узагальненні отриманих результатів. Автором опрацьовано та проаналізовано 82 наукових джерела провідних вітчизняних вчених з даної наукової проблеми.

Практична цінність роботи полягає у встановленні доцільності застосування мікробних препаратів ризобофіту на основі бульбочкових бактерій штамів 367а та 5500/4 і РРР Регоплант, Стимпо за традиційної технології вирощування люпину, розробці рекомендацій щодо їх використання в умовах агроформувань Вінницької області.

ВСТУП

Важливим завданням сучасного сільського господарства є розробка шляхів підвищення продуктивності культурних рослин. Інтенсивне застосування мінеральних добрив, зокрема азотних і пестицидів підвищує їх врожайність. Але виробництво азотних добрив – енергоємний процес, при внесенні їх у ґрунт у підвищених нормах спостерігається істотне зростання вмісту небілкового азоту, в основному нітратного, який завдає великої шкоди тваринам, людині та довкіллю [65]. Важливим напрямом біологізації землеробства України у кормовиробництві є посіви багаторічних й однорічних трав та бобових культур, оскільки вони здатні засвоювати молекулярний азот [20, 27].

Відомо, що серед основних елементів живлення одне з чільних місць посідає азот, який входить до складу білків, нуклеїнових кислот та багатьох інших органічних сполук, необхідних для життєдіяльності рослин. Накопичення рослинами органічної речовини регулюється їх азотним живленням, тому між засвоєнням азоту і продуктивністю рослин існує тісний прямий зв'язок [20, 18, 20, 26].

Економічно вигідним шляхом надходження азоту в колообіг є його біологічна фіксація з повітря і перетворення на сполуки, які легко засвоюються живими організмами. Процес є екологічно чистим. Він здійснюється за рахунок енергії фотосинтезу, інтенсивність його регулює сама рослина [11, 20, 51]. Це підтверджує доцільність розширення площ під бобовими культурами. Сьогодні вони у структурі посівних площ України займають 8-10 %, тоді як у світовій практиці складають близько 25 % [24], а науково-обґрунтована частка бобових у сівоzmінах становить 20-30 % [26].

Фізіологічні особливості розвитку бобових культур у природних умовах залежать від виду та сорту рослини, штаму ризобій, типу ґрунту, попередника, кліматичних умов, використаних добрив, пестицидів, агротехніки та багатьох інших чинників. Ефективна взаємодія бульбочкових бактерій з бобовими рослинами забезпечує активізацію низки метаболічних процесів їх

життєдіяльності й, насамперед, фіксацію атмосферного азоту. У результаті цього поліпшується живлення рослин, підвищується їх продуктивність, зростає якість сільськогосподарської продукції [63, 72, 78, 82].

На сьогодні велика увага приділяється альтернативним способам ведення сільського господарства, які б забезпечили максимальну урожайність та допомогли отримати екологічно чисту рослинну продукцію [3, 12, 16].

Вагомим чинником підвищення продуктивності агроecosystem, потенціал яких у даний час використовується недостатньо, є активізація мікробно-рослинної взаємодії шляхом внесення мікробних препаратів і регуляторів росту рослин (РРР) природного та синтетичного походження [14, 15, 18, 25]. Вони інтенсифікують фізіолого-біохімічні процеси у рослинах, підвищують їх стійкість до хвороб і позитивно впливають на мікроорганізми ґрунту. Без використання біопрепаратів для обробки насіння бобових культур виробництво недобирає як мінімум 10-30 % урожаю [51]. При їх застосуванні збільшується вміст білків у насінні на 2-6 %, навіть за наявності в ґрунті популяцій аборигенних ризобій [7, 36].

Інтерес до люпину обумовлений високим вмістом у його насінні білків (до 50 %), олії (від 5 до 20 %), за якістю близької до оливкової, відсутністю інгібіторів травлення та інших антипоживних речовин [28]. Завдяки симбіозу з бульбочковими бактеріями люпин здатний накопичувати в ґрунті за вегетаційний період при сприятливих умовах до 600 [336], а в середньому – від 80 до 220 кг/га молекулярного азоту з повітря та залишати з кореневими і післяжнивними рештками у ґрунті 8-10 т органічних речовин, які містять 100-120 кг азоту, до 30 кг фосфору і до 50 кг калію [65]. При вирощуванні культура в ґрунті зберігається позитивний баланс гумусу і поживних речовин [66].

Тому дослідження ефективності інокуляції люпину білого мікробними препаратами на основі *Bradyrhizobium sp.* (*Lupinus*) сумісно із застосуванням регуляторівросту рослин є актуальним і має практичне значення.

РОЗДІЛ 1

ОГЛЯД НАУКОВОЇ ЛІТЕРАТУРИ.

1.1. Вплив регуляторів росту рослин на бобово-ризобіальний симбіоз

Підвищення продуктивності агроecosystem, пов'язане зі збільшенням ефективності їх важливих складових – бобово-ризобіальних симбіозів [30].

Позитивна роль бобових культур у сільському господарстві тісно пов'язана з життєдіяльністю бульбочкових бактерій, з якими ці рослини перебувають у тісних симбіотичних взаємовідносинах. Можна вважати, що продуктивність цих культур, їхній урожай, нагромадження біологічного азоту і рослинного білка значною мірою залежать від того, який характер взаємозв'язку цих двох організмів склався у кожному окремому випадку. За умови виникнення активного комплексу бобова рослина – ризобії утворюється корисне для обох організмів співіснування – симбіоз, у процесі якого енергія сонця використовується для зв'язування біологічним шляхом атмосферного азоту [12].

Одним з нових екологічних напрямків сучасної сільськогосподарської науки є розробка заходів, які забезпечують підвищення біологічної фіксації азоту та мобілізацію фосфору, калію на посівах бобових культур, що має важливе значення для підвищення їх урожайності, зниження собівартості сільськогосподарської продукції та енерговитрат на її виробництво, екологізації землеробства. У зв'язку з цим, у розвинутих країнах значно виросла зацікавленість до проблеми біологічного азоту. В теперішній час намітились два основних способи підвищення азотфіксації в агроecosystemах. Перший – активізація діяльності природної популяції азотфіксувальних мікроорганізмів у ризосфері і на коренях. Другий – інокуляція насіння бобових рослин високоактивними штамми азотфіксувальних та фосфатмобілізувальних мікроорганізмів [69, 70].

Для підвищення симбіотичної та асоціативної азотфіксації в екосистемах ефективним є інокуляція насіння перед сівбою активними штамми

азотфіксаторів, і цим самим можна значно компенсувати дефіцит азоту й підвищити продуктивність культурних рослин [21]. Мікроорганізми, асоційовані з рослиною, дедалі частіше розглядаються як чинники стимулювання росту та розвитку [37, 51].

На підставі аналізу результатів досліджень Е. Н. Мішустін, В. К. Шильникова [57], С. А. Самцевіч [23], Л. М. Доросінський [75], В. І. Сабельникова [22] дійшли висновку, що бульбочкові бактерії сприятливо впливають на бобові рослини не тільки як азотфіксатори, але і як продуценти різного роду фізіологічно активних речовин. Показано роль ауксинів і ауксиноподібних речовин, синтезованих *Rhizobium*, у процесах інфікування бобових, формування бульбочок, активізації росту і розвитку рослин [50, 129, 299, 328]. Встановлено, що синтез індолілоцтової кислоти можуть стимулювати флаваноїди, які є необхідними для утворення бульбочок [33, 34]. Запропоновано гіпотезу, що ризобіальні ауксини і цитокініни можуть ініціювати ендоредуплікацію і мітози в інфікованих клітинах кори кореня [31, 40].

Встановлено також можливість бульбочкових бактерій синтезувати гібереліни, але їх роль у формуванні і функціонуванні бульбочок остаточно не з'ясована. Роль абсцизової кислоти в процесі нодуляції також не зовсім зрозуміла, але показано, що нітрогеназна активність ризобій знижується зі збільшенням кількості ендогенної абсцизової кислоти у деяких видів бобових рослин [27, 29, 39].

Регулятори росту рослин також впливають на формування та функціонування симбіотичних систем бобових культур і сприяють підвищенню їх продуктивності [21, 24, 29, 36, 39]. Показано, що екзогенні ауксини в комплексі з цитокінінами впливають на морфогенез бульбочок. Вони індукують ендоредуплікацію і подовження клітин, імітуючи процес їх формування. Застосування цитокінінів сприяє формуванню псевдобульбочкових структур як на інших культурах так і на бобових: горосі [34], люцерні [38]. Ауксини і цитокініни можуть слугувати медіаторами змін клітинної стінки кореня, пов'язаних з утворенням інфекційної нитки в середині деформованого кореневого

волоска і наступною інвазією в кору [27]. Варто зазначити, що від концентрації цитокінінів залежить інгібуєчий чи стимулюєчий вплив на нодуляцію [31]. Позитивний ефект РРР з ауксиново-цитокініновою активністю можна пояснити здатністю їх підвищувати нітрогеназну активність не лише тих штамів мікроорганізмів, які застосовувалися для інокуляції, але і азотфіксувальних мікроорганізмів, що мешкають в ґрунті та в зоні висіяного насіння, а потім і в їх прикореневій зоні [39].

Етилен виконує важливу, але неоднозначну роль у процесі нодуляції [33, 39]. Зазначений гормон бере участь в локальному інгібуванні формування бульбочок у більшості бобових, і разом з тим в певній кількості він необхідний для нормального проходження процесу інфікування рослин бактеріями. Показано, що інокуляція коренів ризобіями приводить до збільшення локальної концентрації етилену у люцерни [31], вики [30] і сої [38], але не у гороху [39]. Очевидно, таке збільшення відбувається завдяки первинній захисній відповіді рослин на вторгнення бактерій, які також синтезують гормони [29]. Встановлено, що етилен є одним з важливих чинників контролю росту, розвитку і старіння бульбочок [31].

Застосування абсцизової кислоти значно інгібувало азотфіксацію у гороху. Таке зниження фіксації молекулярного азоту повітря проходило паралельно зі зменшенням кількості леггемоглобіну у бульбочках, що, очевидно, призводило до обмеження доступу кисню, необхідного бактеріодам для клітинного дихання, і таким чином до зменшення азотфіксації [36].

На сьогодні створений широкий спектр синтетичних регуляторів росту, що є аналогами фітогормонів та ефективно стимулюють ріст і розвиток рослин, у тому числі багаторічних бобових трав [38, 42, 52, 54], впливають на формування та функціонування симбіотичних систем бобових культур. РРР цитокінінової, ауксинової та комплексної дії, зокрема два останні, здійснюють стимулюєчий вплив на формування симбіотичного апарату, азотфіксувальну активність й накопичення азоту в надземній масі люцерни у фазах цвітіння і плодоношення за оптимального та недостатнього водозабезпечення. Обробка рослин РРР

цитокінінової і комплексної ауксинової та цитокінінової дії на фоні інокуляції люцерни бульбочковими бактеріями *Sinorhizobium meliloti* 441 подовжує період активної азотфіксації за нестачі вологи [56].

Застосування синтетичного регулятора Івіну та природного – Емістиму С сприяє підвищенню продуктивності симбіозу за спонтанної інокуляції, а Емістиму С та композиційного препарату Агростимуліну – за інокуляції ефективним штамом *B. japonicum* у сої. Результати польових досліджень підтвердили наявність сортової чутливості рослин сої до дії РРР [82].

Дослідження, проведені на Вінницькій, Черкаській і Тернопільській сільськогосподарських дослідних станціях, показали, що посіви гороху, насіння якого обробляли регуляторами росту рослин, забезпечили самі високі прирости урожаю: з Емістимом С (20 мл/т) – 5,2 ц/га, Агростимуліном (20 мл/т) – 3,8 ц/га. Отже, представлені результати досліджень доказують чутливість бобово-ризобіального симбіозу до дії регуляторів росту і підтверджують ефективність їх застосування на посівах бобових культур. Показано, що РРР у першу чергу активізують мікробіологічні процеси в зоні кореневої системи і за впливом на показники азотфіксації навіть можуть прирівнятися до ризоторфіну [71].

Інкубація коріння проростків люпину, перед інокуляцією *B. sp. (Lupinus)* в розчині гаптену лектину люпину (галактозі) призводить до зменшення на 60-80 % кількості адсорбованих на ньому бактерій, що вказує на фізіологічну роль та безпосередню участь даного білка на початковій стадії формування симбіотичних взаємовідносин між партнерами [45, 63].

РРР Регоплант сприяє оптимізації симбіотичної азотфіксації і продуктивності, а Стимпо – врожаю кvasолі [21].

За вегетацію кількість азотфіксувальних бульбочок на корінні бактеризованих рослин гороху підсилених дією БАР ДГ-482 зросла на 37,2- 60,3 %, а на фоні бактозоля (чистий бактеріальний екзополісахарид) – 34,7- 67,8 % порівняно з контрольними рослинами. Більша маса активних бульбочок, довша тривалість їх функціонування забезпечили і вищий АСП на 20,2-67,2 % у дослідних варіантах [17].

Використання РРР для оптимізації бобово-ризобіального симбіозу має свою специфіку залежно від виду і сорту рослин, способу застосування у місцевих ґрунтово-кліматичних умовах [15, 17, 25]. Тому дослідження формування та функціонування симбіотичних систем, критеріїв, які характеризують їх активність, є актуальною проблемою сучасної фізіології рослин та сільськогосподарської практики.

1.2. Фізіологічні процеси та продуктивність бобових культур за використання рістрегуляторів

На думку багатьох вчених, збільшення виробництва сільськогосподарської продукції буде базуватися на досягненнях генетичної інженерії, селекції нових сортів з більш ефективним фотосинтезом та застосуванні природних РРР [17, 24]. Вони не лише підвищують врожайність, покращують якість вирощеної продукції, а й збільшують стійкість рослин до захворювань та стресових факторів, а також зменшують норми використання пестицидів [26], що сприяє збереженню чистоти навколишнього середовища та отриманню екологічно чистої продукції.

На використання стимуляторів росту при вирішенні завдань рослинництва звертав увагу ще І. В. Мічурін. Так, ще в 1920 р. почали використовувати ІМК для стимулювання росту коренів, і до цього часу не знайдена ефективніша речовина [25].

Серед потенційних джерел для отримання РРР природного походження привертають увагу ендомікоризні гриби [59], деякі фенольні сполуки та вільні амінокислоти [43, 58], композиції на основі екстрактів макро- та мікроводоростей, грибів та відходів від їх культивування [59, 16, 41], відходи спиртової промисловості та окремі штами мікроорганізмів і їх асоціації, що використовуються для утилізації органічних речовин у цих відходах [57]. Проте отримання препаратів регуляторів росту з названих джерел вимагає значних енергозатрат та, крім того, в Україні на сьогодні відсутні потужності для їх масштабного виробництва [66].

Нині у сільському господарстві України та інших країнах широко застосовуються нові ефективні полікомпонентні регулятори росту рослин, створені в Інституті біоорганічної хімії та нафтохімії НАН України разом з науково-технологічним центром «Агробіотех» НАН України і МОН України. Вони мають природне походження, не шкодять рослинам і оточуючому середовищу, покращують мікробіологічний склад ґрунту тощо – Агростимулін, Івін, Емістим С, Біолан, Біосил, Біомакс, Радостим, Стимпо, Регоплант та ін. Особливістю композиційних препаратів стали їхня екологічна безпека та ефективна, відтворювана у різних умовах, дія на рослини. Деякі з них стимулюють ріст і розвиток низки культур, інші виявилися ефективними для конкретних видів рослин [17, 25].

Механізм рістстимулюючої дії PPP на рослини полягає в тому, що вони швидко проникають через мембрани в клітини, утворюють комплекси з проміжними білками, можливо з рецепторами фітогормонів. Ці комплекси впливають на стан хроматину, підвищують матричну доступність для синтезу РНК-полімераз, одночасно з цим PPP прискорюють у клітинах процеси трансляції. Наслідком цих змін є інтенсифікація усіх ростових процесів у рослин. Біорегулятори запускають неферментативні окисно-відновні реакції, які можуть переходити у ланцюгові реакції окиснення поліненасичених карбонових кислот, а в подальшому, за безперервного збільшення числа вільних радикалів, у клітині відбувається окиснення білків, нуклеїнових кислот, полісахаридів, у результаті чого виявляється ефект дії PPP [67, 68, 70]. Механізм дії PPP пов'язують, головним чином, з перебудовою гормонального балансу в клітинах, в результаті інтенсифікуються фізіологічні процеси [14]. Розуміння природи дії біологічно активних речовин на рослину дає змогу керувати її індивідуальним розвитком, продуктивністю, процесами формування урожаю та його структури, стійкістю до стресових факторів [22].

Застосування регуляторів росту і розвитку рослин для обробки сільськогосподарських культур може опосередковано через активацію процесів

хлоропластогенезу, фотосинтезу (і, вірогідно, зміни в об'ємі та складі корневих виділень) змінювати перебіг мікробіологічних процесів у ризосфері рослин [40].

Використання регуляторів росту Нано-Гро і Епін-Екстра в технології вирощування бобових культур, зокрема люпину істотно підвищує посівні якості насіння та інтенсивність його проростання [32].

Встановлено, що біологічні регулятори росту рослин Лариксин, Новосил, Росток і Альбіт здійснюють стимулюючий вплив на ріст рослин люпину білого сортів Гамма і Дега (селекція Всесоюзного науково-дослідного інституту люпину і Московської сільськогосподарської академії ім. К. А. Тімірязєва) у фазах стеблуння і цвітіння, підвищують фотосинтетичну діяльність, знижують на початку вегетації показники симбіотичної азотфіксації, а в період цвітіння вони наближаються до контрольних, підвищують продуктивність та урожайність рослин [21].

Внесення при передпосівній культивуванні мінеральних добрив ($N_{30}K_{60}$ і $N_{30}P_{30}K_{60}$) і обробка насіння перед посівом бактеріальним препаратом, мікроелементами і регулятором росту Лариксин за умов посухи підвищують врожайність насіння у люпину білого сорту Деснянський і покращують його біохімічні показники. Найвища урожайність виявлена за комплексної обробки мікродобривами з молібденом, кобальтом та РРР Лариксином, що на 1,92 т/га і 38,1 % більше порівняно з контролем [17].

Комбіноване застосування *B. sp.* (*Lupinus*) штаму 367а і препаратів Стимпо та Регоплант сприяє покращенню ростових процесів люпину білого сорту Макарівський [77].

Серед екологічно безпечних регуляторів росту звертають на себе увагу Епін і Емістим С. Вони здатні у винятково малих концентраціях 0,001 % стимулювати ріст і розвиток рослин, підвищувати стійкість до стресових факторів, збільшувати продуктивність багатьох сільськогосподарських культур. Застосування екзогенних лектинів без інокуляції значною мірою впливає на перебіг фізіологічних процесів у рослин сої, нездатної утворювати симбіоз, зокрема активізує утворення фотосинтетичних пігментів та газообмін [46]. Застосування

Хармоні 75 сумісно з Емістимом С інтенсифікує фотосинтетичну продуктивність посівів сої, що позитивно впливає на збільшення її урожайності [43].

Природні стимулятори росту Альбіт та Епін Екстра практично не змінюють активність ферменту каталази у проростках гороху, разом з тим синтетичні стимулятори Вимпел та Імуноцитифіт істотно її активували [85], це вказує на те, що під дією природних стимуляторів росту, рослини не отримують стресу. Результати досліджень засвідчили, що сучасні регулятори росту сприяють підвищенню врожаїв гороху на 18,8-21,8 % [24].

Використання Агростимуліну обумовлювало суттєву інтенсифікацію поглинання нікелю (Ni) коренями гороху і не позначалося на рівні кадмію (Cd). Також зазначений регулятор росту не впливав на темпи накопичення металів у листках гороху. Застосування Агростимуліну сприяло підвищенню рівня фізіологічної адаптації гороху до сумісної дії металів за рахунок зниження вмісту продуктів перекисного окиснення ліпідів (ПОЛ) при підвищенні вмісту аскорбінової кислоти і зниженні її окиснених форм [5].

Дослідження фізіолого-біохімічних показників квасолі звичайної сорту Буковинка в ґрунтово-кліматичних умовах Тернопільської області в цілому виявило позитивний ефект передпосівної обробки регуляторами росту рослин Регоплант і Стимпо та позакореневого підживлення у фазу бутонізації молібденовим нанопрепаратом за ростовими процесами, рівнем хлорофілу а, каталазною активністю та станом бобово-ризобіального симбіозу на завершальних фазах вегетації рослин [12].

Встановлено стимулюючий вплив рамноліпідних поверхнево активних речовин (біоПАР) на енергію проростання сільськогосподарських рослин (вика озима і яра, люпин жовтий, ріпак озимий). Визначені оптимальні концентрації рамноліпідів для підвищення енергії проростання насіння, які становлять 0,05-0,1 г/л. Застосування розчинів зазначених концентрацій для передпосівної обробки насіння вики озимої і ярої, люпину жовтого, ріпаку озимого збільшує енергію проростання на 10-15 % [55].

Перевірка стимулятора росту Триману-1 в умовах польового досліду підтвердила його ефективність при нанесенні на вегетуючі рослини. Виявлено підвищення нодуляційної здатності бульбочкових бактерій на рослинах люцерни, активізації процесу симбіотичної азотфіксації. Під впливом Триману-1 збільшувалася урожайність люцерни на 15-20 % та поліпшувалась якість урожаю за рахунок підвищення вмісту білків у продукції [28]. Вплив стимулятора росту БАП та комплексного препарату ПТМБ на формування і функціонування симбіотичних систем проявлявся значно швидше ніж Триману-1 [18].

Для покращення фітосанітарного стану посівів сьогодні збільшуються об'єми використання РРР, які позитивно впливають на урожайність і якість продукції та істотно підвищують стійкість рослин до несприятливих факторів середовища – коливання температури, нестачі вологи, фітотоксичної дії пестицидів, ураження хворобами і шкідниками [28]. Відомо, що шкідливість вірусних захворювань може значно змінюватися залежно від видів збудників, генетично обумовлених сортових особливостей, умов вирощування культури. Застосування фізіологічно активних речовин, здатних стимулювати природні захисні механізми рослин, розцінюють як перспективну стратегію захисту рослин від вірусних інфекцій. Отримано позитивні результати за використання різних регуляторів росту, у тому числі – продуктів мікробного метаболізму [46].

Досліджуючи вплив Регопланту та Стимпо на розвиток хвороб сої і порівнюючи ефективність цих препаратів з хімічними протруйниками, встановлено, що за штучного інфікування насіння сої небезпечними патогенами виявляється достатня ефективність випробовуваних РРР. Тобто за умов використання цих препаратів як протруйників, можна очікувати позитивного впливу на оздоровлення насіння сої [24].

Дослідження антипатогенної активності нових полікомпонентних регуляторів росту рослин Регоплант та Стимпо при вирощуванні різних сортів озимої та ярої пшениці, ячменю, сої та кукурудзи на інфекційних фонах показало високі показники врожайності та стійкості до фітопатогенів при подвійній обробці рослин РРР Стимпо і Регоплант за передпосівної обробки насіння та

обприскування посівів під час вегетації. Це сприяло збереженню врожаю більше ніж на 60 % порівняно з контролем (без обробки регуляторами). У рослин другого покоління (які не оброблювались РРР на інфекційному фоні) встановлено також високу життєздатність та підвищену стійкість до патогенних організмів [200]. За допомогою молекулярно-генетичного аналізу авторами було чітко показано, що вказані позитивні ефекти зазначених РРР досягаються шляхом кількісних і якісних змін в експресії генів, тобто є наслідком перепрограмування геному клітин рослини регуляторами росту [9, 13, 14, 31]. Препарати [32] значно підвищували стійкість рослин до різних патогенів завдяки стимуляції ними синтезу власне клітинних малих регуляторних РНК (мРНК), що беруть участь в процесі, який прийнято називати як ПТССГ у рослин, тварин та грибів [35].

Сайленсінг генів – процес, у результаті якого відбувається або деградація, або блокування трансляції молекул-мішеней мРНК, який має велике значення в адаптаційній резистентності до вірусів, у захисті геному проти мобільних елементів ДНК, а також в онтогенетичній регуляції експресії генів [29].

Головну участь у сайленсінгу виконують малі регуляторні РНК розміром 22-24 нт [5], що синтезуються з попередників – дволанцюгових транскриптів шляхом ендонуклеазного розщеплення за допомогою РНКаз-III подібних ферментів. Разом із сайтспецифічними ендо- та екзонуклеазами мРНК або блокують (сайленсінгують) трансляцію аберантних та недосконалих за структурою власне клітинних мРНК, а також мРНК патогенів та паразитів, або ферментативно розщеплюють ці молекули-мішені мРНК, що і призводить до їх деградації [45].

Доведено, що препарати Стимпо і Регоплант активізують синтез малих регуляторних мРНК, які є основними складовими імунної системи рослин, проти шкідників, у тому числі – проти нематод і патогенів. За відкриття цього феномену американським ученим Ендрю Файеру та Крейгу Мелло в 2006 році присуджено Нобелівську премію в галузі фізіології і медицини [25].

Регоплант і Стимпо як ефективні РРР з біозахисними властивостями застосовуються у виробництві, проте теоретичні основи їх дії на формування та

функціонування симбіотичних систем, фізіологічні процеси та продуктивність люпину білого потребують уточнення та детального дослідження.

1.3. Ефективність сумісного застосування регуляторів росту рослин та мікробних препаратів

Підвищення конкурентоспроможності сільськогосподарської продукції неможливе без суттєвого зменшення витрат на її виробництво і відповідно зниження собівартості, це є сьогодні одним із головних завдань. Зменшення обсягів використання органічних і мінеральних добрив у господарствах різної форми власності змушує до застосування РРР, полімерних добрив та бактеріальних препаратів під час вирощування сільськогосподарських культур, що є істотним важелем підвищення їх продуктивності [17]. Для реалізації генетичного потенціалу сучасних сортів сільськогосподарських культур та поліпшення якості товарної продукції розробка та вдосконалення елементів технології на основі збалансованого внесення мінеральних добрив, біопрепаратів і рістстимулюючих речовин слугує значним резервом інтенсифікації виробництва [19].

Активізація мікробно-рослинних взаємодій шляхом введення в систему необхідних агротехнічних заходів, екологічно безпечних мікробних препаратів, а також РРР природного і синтетичного походження є вагомим чинником підвищення продуктивності агроєкосистем [47, 48, 52]. Практичний інтерес до біологічних препаратів обумовлений їх ефективністю, а також тим, що вони створюються на основі мікроорганізмів, виділених з природних біоценозів. Вони є екологічно чистими і безпечні для тварин і людини [10, 29, 35].

Мікробіологічні препарати мають комплексну дію, оскільки вони не тільки фіксують азот атмосфери або трансформують фосфати ґрунту, продукують амінокислоти, сполуки, що підсилюють ріст рослин, речовини антибіотичної природи, що стримують розвиток фітопатогенів [69], але й виконують важливе значення в процесі формування урожаїв сільськогосподарських культур. Рослина

в оточенні повноцінного комплексу мікроорганізмів одержує необхідне кореневе живлення і, як наслідок, корегує свій генетичний потенціал щодо врожайності [24, 43]. Застосування вискоєфективних у симбіозі з сучасними сортами бобових культур штамів бульбочкових бактерій підвищувало продуктивність рослин на 10-30 % і збільшувало вміст білків у зерні на 2-6 % , а в зеленій масі – на 1-3 % за наявності у ґрунті популяцій аборигенних, або раніше інтродукованих бульбочкових бактерій. На основі перспективних штамів розроблено технології виготовлення біопрепаратів для використання у сільськогосподарському виробництві [13].

Згідно з даними Каменєвої І. О. та ін. [58] мікробні препарати на основі азотфіксувальних та фосфатмобілізувальних бактерій виявляють комплексну дію на рослини. Біопрепарати – азотобактерин, флавобактерин, агрофіл при взаємодії з насінням та кореневою системою зернових і бобових культур викликають стимуляцію росту та антагоністичну дію проти фітопатогенів, що підвищує зернову продуктивність рослин на 8-20 %. Вони повинні стати основою екологічно чистих агротехнологій вирощування зернових і зернобобових культур. Бобові культури у симбіозі з бульбочковими бактеріями *Rhizobium* здатні фіксувати велику кількість азоту: конюшина – 180-670 кг/га, люцерна – 200-460, боби – 100-550, соя – 90-240, горох – 70-160, люпин – 150-450 кг/га. Крім того, вільноживучі у ґрунті азотфіксатори зв'язують 15-20 кг/га молекулярного азоту на рік [20, 24, 28].

Люпин – зернобобова культура, яка також утворює ефективний симбіоз із бактеріями *Bradyrhizobium sp.* (*Lupinus*), які належать до одного з п'яти (*Azorhizobium*, *Mezorhizobium*, *Rhizobium*, *Sinorhizobium* і *Bradyrhizobium*) родів, виділених серед бульбочкових бактерій згідно з сучасною класифікацією [27]. Проблема бульбочкових бактерій для люпину більш актуальна, ніж для інших зернобобових культур. Основна маса бульбочкових бактерій у ґрунті не може вступати в симбіоз з кореневою системою люпину. Знаходячись тривалий час у ґрунті без рослини-господаря, штами втрачають свою активність. Цьому сприяє також масоване застосування фунгіцидів, гербіцидів, інсектицидів і мінеральних

добрив. Тому внесення в ґрунт активних штамів бульбочкових бактерій – обов'язкова умова повноцінного функціонування бобово-ризобіального комплексу [19, 27, 28].

Показано, що використання для інокуляції бобових рослин високоактивних Тп5-мутантів *B. japonicum* і *B. sp.* (*Lupinus*) підвищує урожай насіння сої і люпину відповідно на 15-23 і 10 %, також сприяє збільшенню вмісту протеїну в насінні на 1-1,5 % [29].

На активність бульбочкових бактерій бобових культур істотно впливають бактеріальні препарати. Використання ризоторфіну забезпечує рослини на 30 % і більше дешевим екологічно чистим азотом та підвищує їхню врожайність на 10-30, а вміст білків на 1-5 %. На продуктивність люпину жовтого також впливають генетичні особливості сортів, накопичення хлорофілів й каротиноїдів у листках і активність засвоєння бобово-ризобіальними системами молекулярного азоту. Достовірний приріст урожаю зерна отримано у сортів Мотив 369 на фоні інокуляції насіння штамми 367а, 3а та 4а; Обрій – 1а, 2а, 5а; Бурштин – 1а, 3а; Борсельфа – 1а, 4а, 5а. Найкомплементарнішими виявилися: сорт Мотив – 369 – штам 4а; Промінь – 1а, 2а; Обрій – 1 а; Бурштин – 1а, 3а; Борсельфа – 4а [19].

З метою ефективності інокуляції бобових рослин використовуються різні прийоми. Використання комплексної обробки насіння бобових культур суспензією ризобій і лектином призводить до підвищення їх врожайності на 15-23 % порівняно зі звичайною інокуляцією. Це дозволяє розглядати цей білок як ефектор росту і розвитку рослинного організму в цілому [46]. Лектини бобових, є не лише рецепторами комплементарного зв'язування поверхневих глікополімерів ризобій при первинних контактах із рослиною- хазяїном, але й беруть участь, як сигнальні молекули, у формуванні симбіотичної системи та функціонуванні азотфіксувального нітрогеназного комплексу [17].

У дослідах з рослинами гороху сортів Норд і Батрак, люпину сорту Тімір-1, квасолі сортів Нерус і Горнель для активізації бобово-ризобіального симбіозу використовували ПАБК та штами бульбочкових бактерій *R. leguminosarum*: 245а, 250а, 255б, 260б, 263б; *B. lupini* 367а; *R. phaseoli* 651, 653а. ПАБК в концентрації

0,02 моль/л на фоні інокуляції штамом бульбочкових бактерій 245а сприяла розвитку ефективного симбіозу для рослин гороху сорту Батрак, а в концентрації 0,00007 моль/л на фоні інокуляції штамом бульбочкових бактерій 250а – для рослин сорту Норд. Вплив ПАБК на люпин був нестабільним, що напевно пов'язано з особливостями метеорологічних умов у період вегетації. Симбіотична активність рослин квасолі сортів Нерус і Горнель зростала при обробці ПАБК на фоні інокуляції штамом бульбочкових бактерій 651 [44].

Комплексна обробка насіння сої сорту Омега Вінницька рістстимулюючим препаратом Рексолін та застосування мінеральних азотних добрив, а в день сівби – інокулювання препаратом на основі активного штаму бульбочкових бактерій сприяє формуванню максимального рівня врожайності у північному Лісостепу України [15]. РРР покращують симбіотичні процеси в посівах сої, загальна кількість і маса бульбочок на коренях збільшується відповідно на 3,2-10,4 шт./рослину та 142-703 мг/рослину. Максимальними загальною й активною кількістю та масою бульбочок були у варіанті за обробки насіння сумішкою препаратів ризогумін + Емістим С – відповідно 18,3 і 17,7 шт./рослину та 1175 і 1135 мг/рослину. У цьому варіанті показники структури урожаю були найвищими: кількість бобів на рослину 18,1 шт., насінин на рослину – 31,9 шт., маса насіння з однієї рослини – 5,21 г; маса 1000 насінин – 160 г, висота прикріплення нижніх бобів – 16,3 см., також виявлені високі показники енергетичної та економічної ефективності [63, 64]. Регулятори росту позитивно впливають на ріст і розвиток рослин сої, збільшуючи площу листової поверхні на 0,1- 3,9 тис. м²/га, фотосинтетичний потенціал – на 0,01-0,19 млн м²/га за день. Чиста продуктивність фотосинтезу була найбільшою у варіанті за передпосівної обробки насіння сумішкою ризогуміну і Емістиму С (прибавка до контролю за добу становила 0,04-0,24 г/м²) [6].

Комплекс біопрепаратів ризобіфіт, фосфоентерин, біополіцид, флавобактерин та агрофіл з функцією азотфіксації, фосфатмобілізації, стимуляції росту та біозахисту від хвороб забезпечував утворення на коренях сої більшої кількості активних бульбочок з більшою масою, сприяв формуванню

високоєфективної азотфіксувальної симбіотичної системи, знизила фітотоксичність ґрунту, що забезпечило підвищення врожайності сої ранньостиглого сорту Аметист [19, 81].

Вегетаційним дослідом у ґрунтовій культурі встановлено більшу ефективність поєднаної передпосівної обробки насіння сої Байкалом ЕМ-1У із бактеріями *V. japonicum* штаму 634 б на ріст кореневої системи, формування листової поверхні, кількісні показники та загальну азотфіксувальну активність (ЗАА) бульбочок рослин сої культурної сорту Аннушка [22]. Ці результати підтвердилися і в польових дослідженнях в умовах Західного Лісостепу України: збільшилися площа листків, вміст фотосинтетичних пігментів, азотфіксувальна активність та зернова продуктивність [20, 27]. Застосування ризогуміну у технологіях вирощування сої сприяє активізації соєво-ризобіального симбіозу та значно підвищує ефективність виробництва зерна культури [18].

Проведені визначення нітрогеназної активності сої показали, що у варіантах спільного застосування ризобіофіту й альбобактерину активність фіксації молекулярного азоту щодо контролю підсилюється в 7-8 разів, а на фоні мінеральних добрив – у 4-5 разів. За цих умов кількість фіксованого симбіотичною системою *V. japonicum* М 8 – рослини сої атмосферного азоту склала 47 кг/га, а на фоні спонтанної інокуляції – лише 6 кг/га. Встановлено, що у варіантах за застосування ризобіофіту та альбобактерину відбулося збільшення площі листової поверхні – на 13-21 %, сирої маси рослин – на 11- 13 % і сухої – на 14-19 %. Інокульовані рослини дещо відставали в строках досягання зерна (3-4 дні). Врожайність зерна сої в середньому за три роки при спільному застосуванні ризобіофіту й альбобактерину зросла на 11 % [34]. Рекомендовано також застосовувати цей комплекс для підвищення урожайності люпину в умовах північної частини Лісостепу України з метою заощадження коштів і енергії на виробництво та застосування мінеральних добрив [6]. Обробка насіння та посівів мікробними препаратами сприяє суттєвому зниженню поширення хвороб і шкідників у посівах. Бульбочкові бактерії люпину і квасолі проявляють антагоністичні властивості до збудника кореневої гнилі *Fusarium avenaceum* [29,

30, 44, 59]. За використання мікробних препаратів ризобіофіту та ризогуміну спостерігається зменшення ураження ВЖМК рослин люпину жовтого та підвищення врожайності зерна інфікованих рослин на 36-54 % і покращення його якості шляхом збільшення вмісту білків на 1,21-2,23 % [41, 6]. Відзначено, що інокуляція бульбочковими бактеріями зменшує чисельність уражених рослин на 10,3 %. Бульбочкові бактерії зменшують кількість мікроорганізмів на коренях і регулюють взаємини між рослиною і мікрофлорою. При цьому значно поліпшуються структурні показники урожайності рослин [26, 27].

Дослідження Бахмат О. М. показали, що найбільша фактична урожайність сортів сої становила при внесенні вапна 4 т/га та інокуляції насіння ризоторфіном з мікроелементами бором та молібденом [9].

Максимальне збільшення урожайності сої (0,32-0,66 т/га) було за рахунок комбінованого використання сумішей різних за природою інокулянтів (грунтовий гербіцид харнес + обробка насіння *B. japonicum* 614A + *Bacillus subtilis* 2 + обробка посівів хетоміком + еколістом) у поєднанні з післясходовим обприскуванням рослин біопрепаратами в чистому вигляді або при додаванні мікродобрив. Гербіциди при цьому забезпечували істотне зменшення рівня забур'яненості і обумовлювали поліпшення фітосанітарної ситуації в агроценозах [23].

Застосування біологічно активних речовин, а саме мікродобрив реаком, РРР Емістим С та препарату ризогумін, позитивно впливало на урожайність гороху сортів безлисточкового (вусатого) типу в умовах нестійкого зволоження північного Степу України. Найвища урожайність 2,87 т/га сорту Харківський еталонний у середньому за роки досліджень отримана у варіанті, де насіння обробляли бактеріальним препаратом ризогумін та рослини мікродобривом реаком. При обробці ризогуміном і РРР Емістим С приріст щодо контролю становив 32,4 % [14]. Дослідження впливу обробки насіння гороху ризогуміном на врожай і його структуру показали істотні позитивні зміни у структурі врожаю. Рослини оброблених варіантів мали більшу кількість бобів, насінин у бобі, масу насіння та високу урожайність від 27,6 до 41,5 ц/га [29]. Застосування мікробних

препаратів ризогуміну і поліміксобактерину знижує шкодочинність вірусних захворювань гороху сорту Дамир-2. Отже, мікробні препарати можуть відігравати важливу роль у боротьбі з вірусними інфекціями рослин і підвищенні врожайності сільськогосподарських культур, що потребує продовження досліджень з іншими культурами і фітопатогенними вірусами [28].

Результати дослідження передпосівної інокуляції насіння гороху бактеріальними препаратами ризогуміном (в основі азотмобілізуєчі бульбочкові бактерії *R. leguminosarum* штам 31) та поліміксобактерином (фосформобілізуєчі бактерії *Bacillus polymyxa* KB) показали, що інокуляція насіння гороху бактеріальними препаратами, покращує посівні властивості насіння: підвищує польову схожість насіння максимально на 7,9 %. Позитивно впливає на морфометричні параметри вегетативної і генеративної сфери гороху, збільшуючи висоту стебла, кількість листків, масу листків і рослин, кількість квіток. Обробка бактеріальними препаратами підвищує фотосинтетичну та симбіотичну активність, зокрема сприяє збільшенню фотосинтетичного потенціалу посіву на 34,0 %, а кількості бульбочок на 38,2 %, порівняно з контролем. Передпосівна інокуляція сприяла зростанню окремих елементів продуктивності (кількості бобів на рослині (25,6 %), маси бобів (31,3 %), маси насіння з рослини (28,2 %), а також підвищила загальний урожай на 3,1-4,3 ц/га порівняно з контролем [64]. Застосування композиції біопрепаратів у технології вирощування гороху є ефективним заходом з активізації мікробіологічних процесів на поверхні насіння. Такий агрозахід не тільки сприяє покращенню якості сходів, а й оптимізує розвиток мікрофлори ґрунту [51].

Застосування азотфіксувальних бактерій штаму 200 та обробка насіння мікродобривами без внесення мінеральних добрив під передпосівну культивуацію та за їх внесення ($P_{45} K_{60+}$ штам № 200; $N_{30} P_{45} K_{60+}$ штам № 200), у сортів гороху різних екологічних груп, сприяли збільшенню накопичення маси сухої речовини, площі листової поверхні і, як наслідок, підвищення врожайності зерна на 10-25 % при його рівні на контролі 2,43- 3,33 т/га [17]. Обробка насіння гороху сорту Готівський ризогуміном без мінерального живлення забезпечує найнижчу

прибавку врожаю – 0,47 т/га, але за вмістом білків у зерні переважає всі інші варіанти: мінеральне живлення та обробку насіння поліміксобактерином [7].

Передпосівна інокуляція на сортах бобу Український та Карадаг сприяла швидшій появі бульбочок та тривалішому їх функціонуванню, що є важливим чинником збільшення, як урожаю культури так і кількості фіксованого азоту рослинами [15].

Щорічне застосування навесні при відростанні трав багатofункціонального мікробіологічного препарату Клепс (комплекс *Klebsiella oxycytoa* і *Xanthomonas meltophilia*) у середньому за роки досліджень забезпечило прирости сухої речовини сортів люцерни на 8-14 %. За поєднаної дії вапна та препарату Клепс урожайність одновидових травостоїв люцерни підвищилась на 31-39 % [6]. Регулятор росту рослин Емістим С містить збалансований комплекс фітогормонів ауксинової, цитокінінової природи, амінокислот, вуглеводів, мікроелементів [205]. Ризобофіт та Емістим С покращують коефіцієнт використання багаторічними травами фосфору та калію мінеральних добрив, підвищуючи врожайність бобово-злакового травостою [24].

Проведення передпосівної обробки насіння гороху біологічним препаратом ризобофіт, виготовленого на основі бульбочкових бактерій гороху у поєднанні із біостимулятором росту рослин Емістим С є перспективним агрозаходом, особливо на фоні вапнування ґрунту, коли рослини забезпечували максимальну висоту у першому та другому роках вегетації, як за безпокровного, так і підпокровного способу вирощування незалежно від гідротермічних умов у період вегетації [29].

З природних біоценозів виділено високоактивний і конкурентноздатний щодо місцевих популяцій ґрунтових бульбочкових бактерій конюшини штам *R. trifolii* 20, на основі якого створено препарат ризобофіт під конюшину. Крім фіксації молекулярного азоту атмосфери у симбіозі з конюшиною, *R. trifolii* 20 синтезує речовини фітогормональної природи, внаслідок чого підвищує схожість насіння і стимулює ріст рослин, а також проявляє фунгіцидну активність [19].

Інокуляція ризобофітом (на основі бактерій *Mesorhizobium ciceri*) сумісно з

фосфоентерином сприяла максимальній урожайності насіння нуту сорту Триумф (0,92 т/га), яка була більшою на 0,36 т/га відносно контролю без добрив і на 0,13 т/га відносно моноінокуляції ризобіфітом. На нуті сортів Розанна і Александрит застосування поліміксобактерину і альбобактерину сумісно з ризобіфітом було практично на рівні моноінокуляції [73].

Отже, аналіз літературних джерел показав високу ефективність сумісного використання мікробіологічних препаратів і біологічно активних речовин на багатьох бобових культурах. Наявна інформація щодо сумісного застосування РРР і селекціонованих бульбочкових бактерій під люпин білий є обмеженою і потребує всебічних досліджень, оскільки культура має великий біологічний потенціал, який нині сповна не використовується.

РОЗДІЛ 2

УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Ґрунтово-кліматичні умови місця проведення досліджень

На ріст, розвиток та формування рівня урожаю сільськогосподарських культур у тому числі і люпину мають безпосередній вплив ґрунтові та кліматичні умови зони вирощування. Вони визначають виникнення лімітуючих факторів у регіоні і зміни елементів технології вирощування культур, що має на меті оперативне управління для створення оптимальних умов для росту та розвитку сільськогосподарських культур [33]. Тому, знаючи характеристику ґрунтового покриву та мінливість клімату зони вирощування можна обґрунтувати особливості росту і розвитку та величину урожаю досліджуваної культури.

Ґрунтово-кліматичні умови України дають змогу одержувати високі врожаї сільськогосподарських культур та в значній мірі задовольняти потреби населення в продуктах харчування. Лісостепова зона входить до соєвого поясу і включає 9 адміністративних областей (Вінницьку, Київську, Полтавську, Сумську, Тернопільську, Харківську, Хмельницьку, Черкаську і Чернівецьку). Це велика територія з придатними для вирощування сої ґрунтами, тепловими, світловими і водними ресурсами, тривалістю вегетаційного періоду. У 2011 році в зоні Лісостепу було розміщено 64,5 % посівів сої від загальної площі посіву по Україні [19].

Зона Лісостепу простягається безперервною смугою від Карпат на заході до кордону з Росією на сході на 1500 км, ширина зони з півночі на південь коливається в межах 250 – 350 км. Загальна площа Лісостепу становить 202,8 тис. км², або 33,6 % території України. Сільськогосподарські угіддя займають 35 % державного фонду земель [28].

За природно-сільськогосподарським районуванням Лісостепова зона включає такі провінції: Західну, Правобережну і Лівобережну, які за складом ґрунтів, кліматичними умовами та іншими особливостями різняться між собою.

Лісостеп характеризується високою розораністю земель. У сільськогосподарський оборот відведено 71,8 % від загальної площі території зони. Частка ріллі складає 58,3 %, що на 4,1 більше ніж у середньому по Україні [28].

Рельєф Лісостепової зони в основному рівнинний, але трапляються і хвилясті території. В західній частині провінції простягається Волино-Подільська височина, яка на схід поступово переходить у Дніпровські тераси. У зв'язку з такими особливостями рельєфу, орні землі у Правобережному Лісостепу значною мірою зазнають водної ерозії. Понад 70 % ріллі зони займають чорноземи, які містять багато поживних речовин, володіють сприятливими фізичними властивостями і забезпечують високі врожаї більшості сільськогосподарських культур. За структурою ґрунтового покриву зона Лісостепу є однією з найскладніших. У структурі її земельного фонду набули поширення ясно-сірі лісові (3,8 %), сірі лісові (11,3 %), темно-сірі опідзолені (13 %), чорноземи опідзолені (21,6 %), чорноземи типові (36,5 %), лучно-чорноземні (2,8 %) і лучні (3,5 %) ґрунти [20].

Механічний складу ґрунту значно впливає на ступінь його родючості. Суглинкові ґрунти є переважаючими в Лісостепу Правобережному: на півночі - легко - і середньо -, а на півдні - важкосуглинкові. Ґрунтовий покрив порівняно однорідний [28].

Основними ґрунтоутворюючими породами у Лісостепу Правобережному є лес і лесовидні суглинки. Залягання ґрунтових вод на більшій частині зони відбувається на глибині 10 – 15 м, на терасах річок – 5 – 10 м, а в місцях зниження – 2,5 – 3 м [20].

Клімат зони має чітку сезонну контрастність, помірно теплий. Це пов'язано з особливостями географічного розташування та геоморфології її території. Клімат Лісостепу Правобережного зазнає впливу повітряних мас, які формуються над Атлантичним океаном. Середньомісячна температура повітря в січні та лютому коливається від мінус 4 °С на заході до мінус 8 °С на сході. Літо характеризується високими сталими температурами. Середньомісячна температура у липні коливається від 10 °С на заході до 20 °С на сході. Із заходу на

схід спостерігається збільшення континентальності, що відповідно впливає на амплітуду коливань добової температури [62].

Багаторічні метеорологічні спостереження показали, що перехід середньодобової температури через +5 °С навесні відбувається на початку квітня, а восени наприкінці жовтня – на початку листопада. Таким чином, тривалість вегетаційного періоду становить 200 – 205 днів. Середньорічна сума опадів становить 580 – 630 мм, за вегетаційний період – 320 мм опадів. Найбільша кількість опадів спостерігається влітку – 80 – 90 мм/міс, найменша – взимку – 30 – 35 мм/міс (табл. 2.1) [56].

Таблиця 2.1.

**Агрокліматичні показники центральної зони Вінницької області
(за Півошенко І. М., 1997 р.)**

Кліматичні показники	Величина
Сума активних температур, t° С	2671 - 2780
Довжина без морозного періоду, дні	141 - 147
Середньорічна температура повітря, t° С	6,7 – 7,0
Мінімальна температура повітря, t° С	- 34
Максимальна температура повітря, t° С	+ 38
Дата осінніх заморозків	6 – 7. 10
Дата останніх весняних заморозків	23 – 25. 04
Довжина вегетаційного періоду, дні	199 - 205
Сума атмосферних опадів за рік, мм	581 - 634
Сума опадів за вегетаційний період, мм	368 - 425
Довжина періоду з сніговим покривом, дні	87 - 90
Середня максимальна глибина снігового покриву, см	14 - 15
Середня глибина промерзання ґрунту, см	56
Сума ефективних температур >5°С	1949 - 2059
Переважаючий напрямок вітру	Північно-західний

Дослідження проводили в межах Вінницької області, яка належить до Лісостепу Правобережного. Сприятливі кліматичні умови та земельні ресурси цієї зони зумовлюють високий потенціал виробництва сільськогосподарської продукції [20].

Територія Вінницької області за агрокліматичними умовами поділяється на три райони: північно-східний, центральний та південний. Характеризується вологим і помірно теплим кліматом. Гідротермічний коефіцієнт (ГТК) 1,7 – 1,8. Близько 70 % опадів випадає у теплий період року і 30 % у холодний [20]. Основні кліматичні показники центральної зони Вінницької області наведено у таблиці 2.1.

Таким чином, можна зробити висновок, що ґрунтово-кліматичні умови Лісостепу правобережного є цілком сприятливими як для вирощування більшості сільськогосподарських культур, так і для сортів сої різної групи стиглості.

Полеві дослідження з вивчення впливу мінеральних добрив та способів оброблення комплексом мікроелементів Мікрофол Комбі на продуктивність сої проводили на дослідному полі Вінницького національного аграрного університету, яке розташоване у центральній частині Вінницької області. Територія дослідного поля має рівний рельєф. Ґрунтовий покрив дослідної ділянки представлений сірими лісовими середньо-суглинковими ґрунтами. За морфологічними ознаками, фізичними та фізико-хімічними показниками вони є типовими для Вінницької області та в цілому для Лісостепу Правобережного та сприятливі для вирощування сої. Сірі лісові ґрунти займають проміжне місце між ясно- і темно-сірими ґрунтами, глибина орного шару ґрунту – 30 см, середньо-суглинкового гранулометричного складу, грудочкуватої структури. Його щільність – 1,32 – 1,4 г/см³.

За даними агрохімічного обстеження орний шар ґрунту має такі фізико-хімічні показники: вміст гумусу (за Тюрінім) становить 2,02 – 2,15 %, лужногідролізованого азоту (за Корнфілдом) 60 – 67 мг/кг, рухомого фосфору та обмінного калію (за Чириковим) відповідно 149 – 155 і 80 – 90 мг на 1 кг ґрунту, рН сольової витяжки 5,5 – 6,0. Гідролітична кислотність – 1,10 – 1,21 мг-екв на 100 г ґрунту.

Люпин досить вимогливий до фотоперіодизму і чутливий до інтенсивності освітлення, теплолюбний й водночас порівняно стійка до приморозків, любить

вологу і добре реагує на зрошення, але доволі посухостійка (сою відзначає найвища посухостійкість серед усіх зернобобових культур, окрім нуту) [2].

Вміст білка і жиру в насінні люпину може суттєво коливатись не лише від наявності основних елементів живлення в ґрунті, але й від кліматичних умов. В умовах короткого дня в спектрі сонячної радіації переважають синьо-фіолетові промені, які сприяють сформуванню високої білковості насіння, а в умовах довгого – в спектрі переважають оранжево-червоні промені, які сприяють синтезу вуглеводів. Природним є те, що соя, будучи культурою короткого дня, найвищу продуктивність формує у відповідних умовах, а при вирощуванні її в умовах освітлення більше 12 год. на добу вона формує значно нижчу продуктивність [3].

Крім тривалості світлового дня, при вирощуванні люпину надзвичайно важливе значення має температура. Температура для неї є основною умовою формування продуктивності та дозрівання. Тому, створені сорти сої досить чітко поділяють за сумою активних температур ($t > 10\text{ }^{\circ}\text{C}$). Для дуже ранніх сортів цей показник має складати 1600 – 1900 $^{\circ}\text{C}$, ранньостиглих – 2000 – 2200, середньо пізньостиглих – 2800 – 2950 і пізньостиглих – 3000 – 3200 $^{\circ}\text{C}$. Отже, сума активних температур, що властива для регіону, і є вирішальним фактором для вирощування тих або інших сортів сої [35].

Люпин потребує 130 – 160 % води від своєї маси для нормального проростання насіння. Проросток при нестачі вологи сильно пригнічується. За період росту і розвитку рослин люпину перший відносний максимум вологоспоживання настає у фазі гілкування, а другий – більш інтенсивний – у фазі формування та наливання насіння [52]. Таким чином, можна зробити висновок, що гідротермічні умови регіону вирощування є одним із визначальних факторів одержання високих та сталих врожаїв зерна.

Згідно з кліматичними умовами Лісостепу Правобережного та відповідно до результатів попередніх досліджень посів в регіоні можна розпочинати із першої декади травня, а збирання проводити у вересні–жовтні. Саме тому основну увагу в спостереженнях за погодними умовами приділяли періоду травень – жовтень, який був визначним для формування продуктивності посівів люпину.

2.2 Методи та методика проведення досліджень

Матеріалами дослідження слугували люпин білий (*L. albus* L.) сорту Серпневий, ризобіфіт на основі бульбочкових бактерій люпину штамів 367a і 5500/4 та регулятори росту рослин Стимпо і Регоплант. Рід Люпин (*Lupinus* L.) належить до родини Бобові (*Fabaceae*), класу Дводольні (*Magnoliopsida*), відділу Покритонасінні (квіткові) (*Magnoliophita*) [10, 13, 18].

Аналіз структури Державного реєстру сортів рослин показав, що селекційна робота зі створення нових сортів люпину в Україні ще на недостатньому рівні. Асортимент люпинів становить на сьогоднішній день лише 25 сортів [24].

Сорт Серпневий виведено у відділі селекції та первинного насінництва люпину ННЦ «Інститут землеробства НААН». Для сучасних сортів люпину селекції ННЦ «Інститут землеробства НААН» властивий низький вміст антипоживних речовин. Низький вміст інгібіторів трипсину в білковому комплексі люпину (0,47 мкг/мг) [29] – одна з умов його високої перетравності всіма видами сільськогосподарських тварин, яким його можна згодовувати без додаткової термообробки [2].

Сорт Серпневий люпину білого занесено до Реєстру сортів рослин України за 2006 рік, створений методом гібридизації (лінія 2101×лінію 2247) з подальшим індивідуальним добором за ознакою скоростиглості. Сорт відноситься до групи скоростиглих (вегетаційний період 100-105 днів), що дозволяє збирати в умовах Лісостепу і Полісся врожай насіння в кінці серпня без досушки, може бути попередником для озимих культур. Сорт стійкий до фузаріозу та ВЖМК. Апробаційні ознаки сорту Серпневий: насіння біле з кремовим відтінком, округле, парус квітки світло-буковий з білою плямою, весла світло-букові, човник білий з синьо-чорним кінчиком, чашечка буро-зелена, листочки зелені, ланцетні, рослини низькорослі. Врожай насіння сорту забезпечується в основному за рахунок насіння центральної китиці і складає 3,9- 4,0 т/га, вміст білків у зерні – 39,9 %, олії – 11,2 %, алкалоїдів у зерні – 0,015 %, у зеленій масі – 0,009 %. Маса 1000 насінин – 340-350 г. Сорт рекомендовано для вирощування на зерно і зелену

масу в зонах Лісостепу та Полісся України [26].

Для бактеризації насіння люпину білого використовували ризобіофіт, виготовлений на основі *Bradyrhizobium sp.* (Lupinus) штамів 367а (штам-еталон) та 5500/4 в Інституті сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН України (м. Чернігів). Штам 5500/4 бульбочкових бактерій виділено з бульбочок люпину білого сорту Гарант, вирощеного на полях Чернігівського НВО «Еліта». Він здатний підвищувати не лише продуктивність люпину, але і його стійкість до фітопатогенів. Ризобіофіт був у вигляді сипкої маси з вологістю 50-55 %. В 1 г препаратів міститься до 2,5 млрд. активних бульбочкових бактерій.

Для передпосівної обробки насіння використовували нові композиційні поліфункціональні препарати біологічного походження Стимпо і Регоплант, які були створені на Державному підприємстві «Міжвідомчий науково-технічний центр «Агробіотех» НАН та МОН України». Препарати володіють посиленими біозахистними та регуляторними властивостями, які обумовлені синергічним ефектом взаємодії продуктів життєдіяльності (суміші амінокислот, вуглеводів, жирних кислот, полісахаридів, фітогормонів та мікроелементів) в культурі *in vitro* гриба-мікроміцета, вилученого з кореневої системи женьшеню, та аверсектинів – комплексних антипаразитарних макролідних антибіотиків, продуктів метаболізму ґрунтового стрептоміцету *Streptomyces avermitilis* [17].

За основу Стимпо взято регулятор Біолан (Емістим С-1,0 г/л + мікроелементи) з додаванням аверсектинів, а Регоплант – Радостим (жирні кислоти, олігосахариди, біологічно активні аналоги фітогормонів, хітозан, амінокислоти, хелатні і біогенні мікро- Cu, Mo, B, Mn, Zn та макроелементи Mg, S, K, Ca, Fe, N) з аверсектинами [12]. Препарати зберігаються протягом 3-х років. РРР є новими, зареєстровані в 2014 році, тому дослідження їх впливу на рослини люпину білого в комплексі з бактеріальними препаратами на сьогодні є досить актуальним.

Дослідження проводили у 2019-2020 роках. Польові досліди закладали на дослідному полі Вінницького національного аграрного університету на сірому лісовому ґрунті за схемою.

Схема польового досліджу

Варіант досліджу
Контроль (без застосування препаратів)
Ризобофїт, штамп 367а
Ризобофїт, штамп 5500/4
РРР Регоплант
РРР Стимпо
Ризобофїт, штамп 367а + РРР Регоплант
Ризобофїт, штамп 367а + РРР Стимпо
Ризобофїт, штамп 5500/4 + РРР Регоплант
Ризобофїт, штамп 5500/4 + РРР Стимпо

Розмір облікової ділянки 50 м², облікова 25 м². Повторність в досліджах триразова. Розміщення варіантів – методом рендомізації.

Насіння люпину білого висівали широкорядним способом з шириною міжрядь 45 см на глибину 4-5 см. Сівбу проводили у другій-третій декадах квітня за оптимальної температури прогрівання ґрунту (8-10 °С) і достатній його вологості. Норма висіву – 0,7 млн/га або 125 кг/га. Для сівби використовували високоякісне насіння з однорідністю більш 90-95 % і високою енергією проростання. Насіння отримали у відділі селекції та первинного насінництва люпину ННЦ «Інститут землеробства НААН».

Перед посівом насіння люпину протягом 20 хв стерилізували 70 % етанолом і промивали водопровідною водою. У день сівби проводили інокуляцію ризобофїтом та обробку насіння РРР. Насіння перед посівом зволожували водою із розрахунку 2 % від його маси (контроль) та РРР Регоплант (25 мл/л) і Стимпо (2,5 мл/л). Обробіток ґрунту та догляд за посівами проводили згідно загальноприйнятої агротехніки для зони Лісостепу [4]. Повторність дослідів 4 разова, площа облікових ділянок 2 м². Розміщення ділянок рендомізоване. Протягом вегетації рослин проводили фенологічні спостереження та дослідження за схемою.

Методи проведення спостережень і досліджень:

Польові досліді проводили на основі загальноприйнятих методичних принципів згідно Методики польового досліді по Б.А.Доспехову:

- фенологічні спостереження проводили по “Методиці Державного сортовипробування сільськогосподарських культур”. Відмічаючи основні фази росту і розвитку рослин. За початок фази приймалися наявність її не менш ніж у 10% рослин, за повну – 75% рослин;

- підрахунок густоти рослин проводили в фазу повних сходів і перед збиранням урожаю на постійно зафіксованих кілочках площадках площею 1м² в трьохразовій повторності; на двох несумісних повтореннях;

- для біометричного аналізу відбирали по 10 рослин з кожної ділянки, в основні фази росту і розвитку сої;

- проводили облік симбіотичного апарату люпину, відмічали дати утворення бульбочок, появу легемоглобіну, початок руйнуванням і повного руйнування бульбочок, визначали кількість і масу бульбочок по методиці Г.С. Посипанова для розрахунку маси бульбочок на рослину: середню масу бульбочок моноліту ділили на фактичну густоту рослин;

- площу рослин вимірювали методом “висічок”, використовуючи методику А.А. Нечипоровича;

- урожайність визначали методом суцільного збирання переобладнаним комбайном і зважували з кожної ділянки. При збиранні люпину на зерно, для визначення стандартного урожаю, відбирали середню пробу зерна з кожної ділянки;

- математичну обробку урожайних даних проводили по методу дисперсійного аналізу (Б.А.Доспехов) за допомогою персонального комп’ютера;

- економічну ефективність вирощування люпину та прийомів підвищення його урожайності визначали згідно методики;

- технологія вирощування була загальноприйнятою для зони, крім нових прийомів, які вивчали в досліді.

РОЗДІЛ 3

РОСТОВІ ПРОЦЕСИ ЛЮПИНУ БІЛОГО ЗА ДІЇ РЕГУЛЯТОРІВ РОСТУ І БУЛЬБОЧКОВИХ БАКТЕРІЙ

3.1 Динаміка висоти рослин люпину білого за дії регуляторів росту і бульбочкових бактерій

Проблема росту є актуальною проблемою фізіології рослин, оскільки ріст, як інтегральний процес, є одним з основних у реалізації спадкової програми організму [38].

Д. А. Сабінін [23] дав визначення росту, яке в даний час стало майже загальноприйнятим у біології, як процесу новоутворення елементів структури організму. За свідченням В. С. Шевелухи [28], ні в одному з визначень росту, наявних у літературі, не врахована така істотна його властивість, як участь у розподілі і перерозподілі первинних асимілятів і продуктів метаболізму у тканинах і органах рослин, що визначає зрештою величину і структуру урожаю. У практичному (виробничому) сенсі розуміння росту як процесу збільшення розмірів і ваги рослин ніколи не втрачало і не втратить свого значення, оскільки врожайність визначається лінійними, об'ємними і ваговими показниками.

Найбільш загальним виразом залежності ростових процесів у часі від внутрішніх причин, їх спадковості і фізіолого-біохімічного стану є сформульований Ю. Саксом [33] закон великого періоду зростання, що відображає S-подібний хід кривої інтегрального наростання розмірів або маси рослин і приростів цих показників за певні проміжки часу.

Всі процеси росту та розвитку рослин здійснюються через поділ, ріст та диференціювання клітин. Загальний закон росту – його нерівномірність або періодичність, що обумовлена дією фітогормонів [7].

Одним із основних критеріїв дослідження технологій вирощування сільськогосподарських культур є детальний аналіз процесів росту і розвитку посівів [18, 19]. Це дає змогу визначити застосування конкретних

технологічних операцій та обґрунтувати необхідність і кількість агрозаходів і агрозасобів (агрохімікатів, добрив та засобів захисту рослин природного походження, способів сівби, сортів і т. д.), що посилюють чи гальмують динаміку росту та розвитку рослин. Тому, вивчення росту і розвитку посівів (динаміки процесу формування та нагромадження продуктів асиміляції залежно від ґрунтово-кліматичних умов регіону та досліджуваних факторів) є одним із основних чинників щодо удосконалення та створення нових технологій вирощування сільськогосподарських культур [10].

На ростові процеси рослин істотно впливають рівень забезпечення ґрунту елементами мінерального живлення, які виконують структурну та регуляторну роль [16, 53], його фізико-хімічні властивості, щільність рослин у фітоценозах тощо [54]. Тому для нормального росту рослин необхідне збалансоване забезпечення усіма мінеральними елементами і, передусім, азотом. Проте доступних для рослин азотних сполук у ґрунтах багатьох регіонів України не вистачає. Поліпшити ситуацію можна шляхом внесення мінеральних добрив, що часто сприяє забрудненню навколишнього середовища; використання біологічного азоту, що утворюється унаслідок співжиття бобових рослин із бульбочковими бактеріями, і використання регуляторів росту рослин [20].

Ріст і продуктивність бобових культур у значній мірі визначається формуванням їх симбіотичних взаємовідносин з бульбочковими бактеріями, що істотно покращують азотне живлення рослин. Дієвим прийомом підвищення ефективності бобово-ризобіального симбіозу є застосування препаратів на основі активних штамів бульбочкових бактерій [3] та рістрегуляторів.

В онтогенезі люпину виділяють три основні періоди: формування і ріст вегетативних органів, формування генеративних органів, утворення бобів та насіння. Видимі морфологічні зміни окремих органів і габітусу рослин у процесі розвитку відмічають за фенологічними фазами: поява сходів, листкова розетка, стеблуння, бутонізація, цвітіння і плодоношення, сизий біб, зелена стиглість або блискучий біб та стиглий біб [46].

Вагомим показником, що характеризує технологію вирощування сільськогосподарських культур є висота рослин. Виявлено найінтенсивний лінійний ріст люпину білого в фазу стеблуння, потім під час бутонізації та цвітіння рослин ріст дещо сповільнюється і другий період активного росту спостерігали у фазі зелених бобів (рис. 3.1.). З початком дозрівання насіння ростові процеси припинялися.

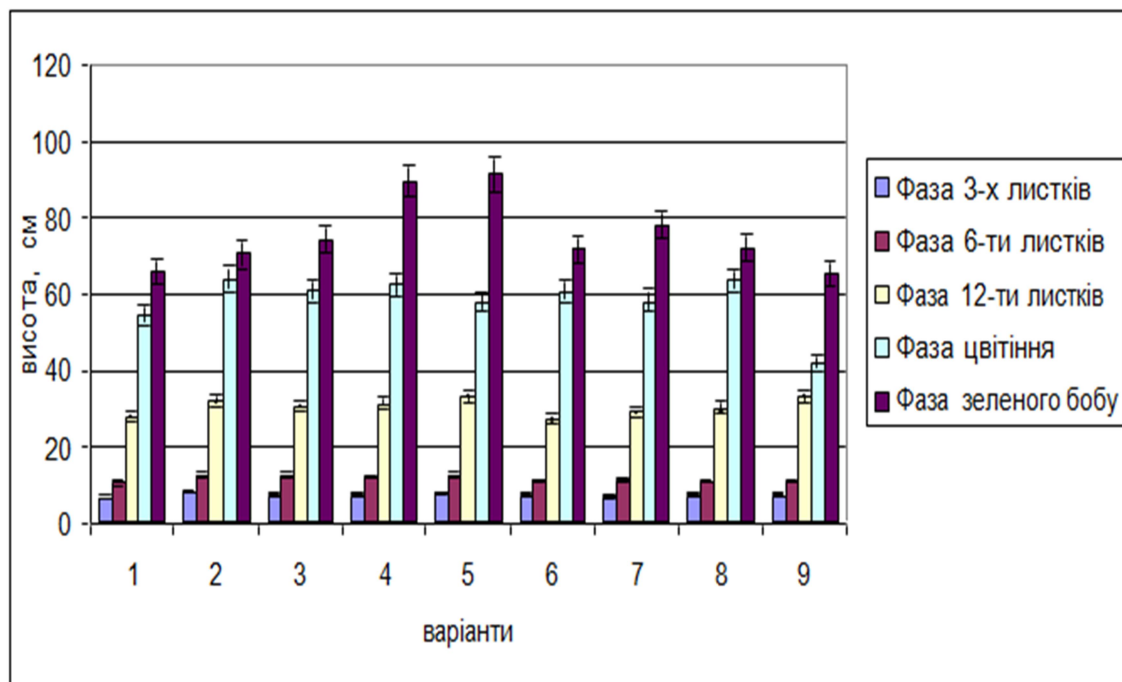


Рис. 3.1. Динаміка висоти рослин люпину білого сорту Серпневий, середнє за 2019–2020 рр.

1 варіант – контроль (без застосування препаратів); 2 – насіння перед посівом інокулювали ризобіфітом на основі *Bradyrhizobium sp.* (*Lupinus*) штаму 367а (стандартний); 3 – ризобіфіт, штам 5500/4; 4 – насіння перед посівом обробляли РРР Регоплант; 5 – РРР Стимпо; 6 – ризобіфіт, 367а + РРР Регоплант; 7 – ризобіфіт, 367а + РРР Стимпо; 8 – ризобіфіт, 5500/4 + РРР Регоплант; 9 – ризобіфіт, 5500/4 + РРР Стимпо.

Дослідження ростових процесів люпину білого сорту Серпневий впродовж онтогенезу показало, що у фазі 3-х листків висота рослин коливалася в межах $6,7 \pm 0,1$ (контроль) – $8,1 \pm 0,1$ см (ризобіфіт, 367а) (рис. 3.1). У фазі 6-ти листків за висотою травостою рослини дослідних варіантів перевищували контроль. Найвищий приріст висоти стебла щодо контролю (20 %) виявлено за

передпосівної обробки насіння ризобофітом на основі стандартного 367а штаму бульбочкових бактерій. У фазі 12-ти листків висота стебла рослин сорту Серпневий була найбільша за застосування РРР Стимпо і становила $33,3 \pm 0,1$ см. Під час цвітіння люпину білого рослини майже всіх дослідних варіантів (крім 9-го) були вищими порівняно з контрольними. Найістотніший вплив мікробіологічних добрив та РРР на ростові процеси рослин сорту Серпневий виявлено у фазі зеленого бобу. Найвищими були рослини 4-го, 5-го та 7-го варіантів, за передпосівної обробки насіння РРР Регоплант та Стимпо і сумісного застосування ризобофіту, 367а + РРР Стимпо.

Отже, застосування ризобофіту на основі бульбочкових бактерій люпину штамів 367а та 5500/4 і регулятори росту рослин Стимпо та Регоплант інтенсифікували ріст стебла рослин *L. albus* L. сорту Серпневий протягом вегетації.

3.2 Вплив передпосівної обробки насіння на динаміку кількості листків рослин люпину

Для характеристики люпину білого як кормової культури важливим є показник облиствіння рослини. Очевидно, передпосівна обробка насіння композиціями РРР Регоплант і Стимпо з ризобофітом на основі бульбочкових бактерій штаму 5544/4, РРР Стимпо з ризобофітом, штам 367а сприяли утворенню бічних пагонів, що в кінцевому рахунку і вплинуло на облиствіння рослин.

У рослин сорту Серпневий у фазах стеблуння та бутонізації (табл. 3.1.) істотної різниці за кількістю листків на рослині між контрольним та дослідними варіантами не виявлено. У фазі цвітіння на рослинах дослідних варіантів листків було більше порівняно з контролем, але істотну різницю за цим показником виявлено за сумісної обробки насіння РРР Стимпо з ризобофітом, штам 367а та застосування РРР Регоплант, що в 1,29-1,33 рази вище порівняно з контролем.

У фазі зеленого бобу за показником облиствіння рослини сорту Серпневий виявлено достовірну різницю майже у всіх варіантах дослідження.

**Динаміка кількості листків (шт.) на рослинах люпину білого сорту
Серпневий протягом вегетації**

Варіант досліджу	Фаза росту і розвитку			
	стеблування	бутонізація	цвітіння	зелений біб
Контроль (без застосування препаратів)	6,0	12,3	24,0	30,3
Ризобофіт, штам 367а	6,1	12,4	28,5	45,9
Ризобофіт, штам 5500/4	6,4	12,7	28,5	47,5
РРР Регоплант	6,7	12,3	32,1	40,2
РРР Стимпо	6,5	12,5	28,3	44,7
Ризобофіт, штам 367а +РРР Регоплант	6,5	12,2	27,2	43,1
Ризобофіт, штам 367а +РРР Стимпо	6,2	12,5	31,6	34,3
Ризобофіт, штам 5500/4 + РРР Регоплант	6,4	12,5	30,8	37,0
Ризобофіт, штам 5500/4 + РРР Стимпо	6,5	12,6	24,5	36,2

Отже, фенологічні спостереження та підрахунок кількості листків на рослинах люпину білого сорту Серпневий показали, що мікробіологічні препарати та РРР Регоплант і Стимпо інтенсифікують галуження стебла і відповідно облиствіння рослин. Найбільш облиственими були рослини у фазі зеленого бобу за монозастосування ризобофіту, штам 5500/4 (сорт Серпневий) та сумісного - ризобофіту, штам 367а і РРР Стимпо.

3.3 Динаміка формування площі листкової поверхні рослин люпину білого

Основою первинної біопродуктивності природних екосистем і формування врожаю сільськогосподарських рослин є унікальний біологічний процес – фотосинтез. Проте зв'язок між його інтенсивністю і продуктивністю господарсько-цінних органів простежується не завжди. Це обумовлено опосередкованим впливом характеру розподілу асимільованого вуглецю в донорно-акцепторній системі рослини [12, 16, 24]. Головним фактором урожайності рослин є фотосинтез, на

частку якого припадає до 95 % усієї накопиченої в рослині енергії. У той же час фотосинтез листків є головним фізіологічним показником, за яким можна судити про норму реакції на різні умови довкілля, а також на реакцію агротехнічних прийомів вирощування тієї чи іншої культури [20, 22]. Процес фотосинтезу тісно пов'язаний з розвитком та активністю симбіотичних систем. Ефективність симбіозу бульбочкових бактерій із бобовими рослинами залежить від надходження фотоасимілятів у кореневі бульбочки. У свою чергу рівень фотосинтетичної активності визначається умовами азотного живлення [20].

Формування площі листкової поверхні є передумовою отримання максимальних урожаїв культури. Цей показник може варіювати в досить широких межах залежно від генотипу сорту, екологічних умов регіону та агротехнічних засобів їх вирощування (табл. 3.2).

Таблиця 3.2

Площа листкової поверхні (тис. м²/га) рослин люпину білого, середнє за 2019–2020 рр.

Варіант досліджу	Фаза росту і розвитку			
	стеблування	бутонізація	цвітіння	зелений біб
Контроль (без застосування препаратів)	2,73	6,82	18,50	25,53
Ризобофіт, штам 367а	2,81	7,01	24,21	31,31
Ризобофіт, штам 5500/4	3,14	8,4	25,33	36,23
РРР Регоплант	4,53	7,62	19,02	32,60
РРР Стимпо	3,11	7,31	20,31	29,22
Ризобофіт, штам 367а + РРР Регоплант	3,82	8,70	30,60	39,34
Ризобофіт, штам 367а + РРР Стимпо	3,13	7,43	23,64	29,10
Ризобофіт, штам 5500/4 + РРР Регоплант	2,80	8,04	20,62	31,03
Ризобофіт, штам 5500/4 + РРР Стимпо	3,33	7,44	21,73	36,62

На фотосинтетичну діяльність рослин впливає ряд зовнішніх факторів, які є відносно постійними, і їх варіювання виключно пов'язане з радіаційним режимом

атмосфери, кліматичними та погодними умовами. Вміст мінеральних та органічних речовин у ґрунті, повітряний і водний режим ґрунту є факторами, на які можна безпосередньо впливати та контролювати. Тому в період вегетації необхідно створювати найсприятливіші умови для росту і розвитку рослин, аби вони сформували оптимальну площу листкового апарату для ефективної фотосинтетичної діяльності [11, 39].

Використання ризобіофіту сумісно з РРР підвищує активність симбіотичних систем люпину білого, в результаті чого поліпшується азотне живлення рослин, що відповідно впливає на ростові процеси і формування фотосинтетичного апарату. Проведені спостереження за динамікою наростання площі листкової поверхні люпину білого показали, що її величина залежить від фази росту і розвитку та обробки насіння бактеріальними препаратами і РРР. Встановлено прямолінійний характер формування показників площі листкової поверхні в онтогенезі люпину білого, залежно від впливу досліджуваних чинників. Передпосівна обробка насіння люпину білого сорту Серпневий мікробними препаратами сприяла збільшенню площі листкової поверхні порівняно з контрольними варіантами. Рослини *Lupinus albus* формували асиміляційну поверхню на рівні 2,73-39,34 тис. м²/га, залежно від сорту, варіанту та фази розвитку. Необхідно відмітити, що наростання площі листкової поверхні відбувалося до фази зеленого бобу. Найбільшу площу асиміляційної поверхні у цій фазі виявлено за сумісного використання ризобіофіту, штам 367а + РРР Регоплант, що на 51,1 % відповідно вище контролю. Моноінокуляція ризобіофітом на основі бульбочкових бактерій штаму 5500/4 також істотно збільшувала фотосинтетичну поверхню листків протягом фаз цвітіння і зеленого бобу.

Отже, найефективніше на формування листкової поверхні рослин люпину білого впродовж онтогенезу вплинуло сумісне застосування ризобіофіту, штам 367 а + РРР Регоплант.

3.4 Динаміка формування маси бульбочок на коренях рослин люпину білого

Зв'язування молекулярного азоту симбіотичними і ґрунтовими діазотрофними мікроорганізмами – єдиний екологічно безпечний і порівняно дешевий шлях постачання рослин елементом живлення [79]. Механізм позитивного впливу агрономічно корисних мікроорганізмів на рослини має декілька складових, в першу чергу, забезпечення азотом та фосфором, які є основними елементами живлення [26, 26].

За даними А. О. Бабича, сільськогосподарська продукція земної кулі сумарно виносить із ґрунту близько 110 млн. т. азоту в рік. У ґрунти вноситься 60 млн. т. азотних добрив, коефіцієнт використання яких не перевищує 40-50 %. Тому добрива можуть дати сільськогосподарським культурам не більше 35 млн. тон азоту. Інша частина, яка використовується рослинами із ґрунту – це азот, накопичений за тривалий період у процесі біологічної фіксації [8]. Впровадження в практику сільського господарства інтенсивних, з високим генетичним потенціалом сортів рослин потребує створення в кореневмісному шарі ґрунту високих концентрацій легкодоступних елементів живлення, зокрема сполук азоту [16, 19].

В агроценозі рослин і мікроорганізмів відбувається симбіотична взаємовигідна кооперація, в якій бактерії здійснюють зв'язування азоту за рахунок функціонування ферменту нітрогенази, і переводять його у форму, доступну для рослин, тоді як продукти фотосинтетичної діяльності рослин є енергетичними субстратами як для живлення й росту бактерій, так і для процесу фіксації азоту [14-16]. За рахунок мікробної азотфіксації створений та нині підтримується азотний статус усіх природних екосистем і біосфери в цілому. Загальна біологічна фіксація азоту на Землі становить 17,2-107 т за рік [13].

Азотний статус планети поповнюється за рахунок функціонування діазотрофних мікроорганізмів, які здатні фіксувати за рік від 2-5 до 500 кг/га азоту [17]. Більша частина мікроорганізмів, що утворюють асоціації з рослинами,

синтезує БАР – фітогормони, вітаміни, амінокислоти, тощо [60, 63], які чинять прямий ристрегуляторний вплив на рослини. Агрономічно корисною властивістю ризобактерій є також їхня здатність до синтезу екзополісахаридів (вуглеводних сполук), що забезпечує в'язкість суспензії і дає можливість бактеріям формувати агрегати з іншими ґрунтовими мікроорганізмами, утворювати асоціації з рослинами, захищати клітину від дії факторів навколишнього середовища [34].

Проблема біологічної фіксації молекулярного азоту є однією із фундаментальних проблем сучасної біології, важливою та перспективною для підвищення продуктивності сільськогосподарського виробництва та поліпшення екології навколишнього середовища [27]. У результаті симбіотичної азотфіксації рослини краще забезпечуються азотом, а після розкладання корневих і пожнивних решток у ґрунті на 1 га накопичується 120-150 кг азоту, що рівноцінно внесенню 3,5-4,5 ц аміачної селітри [28].

Відомо, що у бобових рослин, понад 30 % асимільованих у процесі фотосинтезу цукрів використовується для підтримання активної життєдіяльності симбіотрофних бульбочкових бактерій у ризосфері. За сприятливих умов, бактерії роду *Rhizobium* здатні на 50-75 % забезпечити потреби рослини-господаря в азоті [19, 37]. У зв'язку з цим фіксація атмосферного азоту бобовими культурами, зокрема люпином у симбіозі з бульбочковими бактеріями роду *Bradyrhizobium*, один із шляхів забезпечення рослин зв'язним азотом. Рослини люпину інтенсивно засвоюють молекулярний азот атмосфери, фіксований бульбочковими бактеріями і формують високі врожаї [31, 34, 35].

У зв'язку з цим, пошук шляхів створення потужного симбіотичного апарату в онтогенезі люпину білого в його агробіоценозах, є важливою теоретичною проблемою, яка потребує наукового обґрунтування при розробці зональних технологій вирощування люпину. Використання в агробіотехнології бактеріальних препаратів, створених на основі азотфіксувальних мікроорганізмів і ристстимулюючих ризобактерій, є технологічними прийомами, які сприяють підвищенню урожаю культурних рослин і накопиченню в ґрунті біологічного азоту [17, 42].

Як показали дослідження, обробка насіння мікробними препаратами поліпшує умови для контакту кореневої системи люпину з вірулентними формами ризобій та ряснішого формування на коренях активних азотфіксувальних бульбочок. Протягом вегетації вивчали морфологію бульбочок люпину білого. За обробки насіння культури більшість бульбочок мали рожевий колір та розміщувалися на головному корені, що свідчить про активну фіксацію в них молекулярного азоту. Разом з бульбочками видовженої форми спостерігали формування великої кількості бульбочок, зібраних у муфти.

При взаємодії бобової рослини з бульбочковими бактеріями може утворюватися як ефективний, так і неефективний симбіоз, який часто пов'язаний зі слабким розвитком корневих бульбочок [33]. Тому вагомим критерієм ефективності взаємодії рослини і бактерій є маса активних бульбочок на коренях бобових. В онтогенезі скоростиглих сортів люпину вона зростала до фази зеленого бобу (табл. 3.4).

Таблиця 3.4

Маса бульбочок (суха, мг) на коренях рослин люпину білого за дії мікробних препаратів і РРР протягом вегетації, середнє за 2019-2020 рр.

Варіант досліджу	Фаза росту і розвитку			
	стеблування	бутонізація	цвітіння	зелений біб
Контроль (без застосування препаратів)	41,5	105,1	106,2	138,2
Ризобофіт, штам 367а	119,7	236,4	241,2	224,4
Ризобофіт, штам 5500/4	124,9	155,2	363,0	296,5
РРР Регоплант	63,1	246,1	248,1	210,1
РРР Стимпо	81,3	235,7	246,3	172,6
Ризобофіт, штам 367а +РРР Регоплант	74,4	197,2	228,4	143,2
Ризобофіт, штам 367а +РРР Стимпо	83,6	178,3	197,3	161,1
Ризобофіт, штам 5500/4 + РРР Регоплант	139,8	243,3	234,5	276,0
Ризобофіт, штам 5500/4 + РРР Стимпо	104,5	139,3	157,6	233,1±12,2*

Результати дослідження показали, що ризобофіт на основі штамів 367а та

5500/4, регулятори росту рослин та їхні композиції сприяли наростанню бульбочок. У ґрунті дослідних ділянок наявні місцеві раси бульбочкових бактерій, які спонтанно інокулювали корені рослин, насіння яких перед посівом було змочене водою (контроль) та РРР Регоплант і Стимпо. У сорту Серпневий сформувалася значна кількість бульбочок на коренях за інокуляції люпину ризобіфітом на основі штамів 367а та 5500/4, їх суха маса збільшилася в 2,9 та 3,0 рази щодо контролю. Достовірні показники виявлено також за сумісного використання ризобіфіту, штам 5500/4 із регуляторами росту рослин Стимпо і Регоплант.

У фазі бутонізації обробка насіння біопрепаратами призвела до зростання маси бульбочок у 1,3-3,4, порівняно з контролем. Рослини сорту Серпневий виявилися більш комплементарними до бульбочкових бактерій люпину штаму 5500/4, що проявилось у формуванні великої кількості бульбочок з високою масою впродовж онтогенезу. Необхідно зазначити, що передпосівна обробка насіння РРР Регоплант і Стимпо на фоні спонтанної інокуляції також інтенсифікувала формування бульбочок на коренях рослин люпину. Фаза цвітіння, порівняно з фазою бутонізації, характеризувалася незначним підвищенням маси бульбочок на коренях рослин в усіх досліджуваних варіантах. За сумісної дії регуляторів росту і ризобіфіту маса бульбочок на коренях люпину істотно відрізнялася від контролю.

У рослин сорту Серпневий максимальну масу бульбочок на коренях рослин виявлено за сумісної дії ризобіфіту, штам 5500/4 з РРР Регоплант та Стимпо. Зниження маси бульбочок на коренях рослин сорту Серпневий інших варіантів, очевидно, пов'язане з їх лізисом.

Отже, на формування бульбочок та їх масу протягом вегетації рослин люпину білого найефективніше впливає сумісне застосування ризобіфіту, штам 5500/4 з РРР нового покоління.

РОЗДІЛ 4

НАСІННЄВА ПРОДУКТИВНІСТЬ І ЯКІСТЬ УРОЖАЮ ЛЮПИНУ БІЛОГО

4.1 Насіннєва продуктивність рослин люпину білого

Продукційний процес сільськогосподарських культур є багатогранним і базується на взаємодії потенціалу гідротермічних умов регіону із генетично обумовленими, біологічними особливостями рослинного організму. Ступінь відповідності наявних факторів зовнішнього середовища біологічним потребам рослин обумовлює певну динаміку фізіологічних процесів: росту і розвитку; формування показників продуктивності фотосинтезу; біологічної фіксації молекулярного азоту атмосферного повітря бобовими культурами тощо. В зв'язку із цим, антропогенне регулювання впливу факторів зовнішнього середовища на рослинний організм за рахунок науково обґрунтованого вибору строків, способів сівби та норм висіву насіння – є основою формування високопродуктивних агроценозів всіх культур, у тому числі й люпину білого [12].

Позитивний ефект бактеризації насіння залежить від ряду факторів: активності штаму мікроорганізмів, концентрації клітин і кількості біологічно активних речовин в інокуляційній суспензії, терміну обробки насіння, виду та сорту рослин, стану аборигенної ґрунтової мікрофлори в момент висіву насіння, особливостей ґрунту, умов агротехнічного комплексу, агрокліматичних умов. При цьому достовірний стимулюючий ефект біопрепарати на основі однієї культури агрономічно корисних бактерій забезпечують лише на 60-70 %, оскільки монокультура є більш чутливою до негативних факторів середовища. Стабілізація агрономічно корисних ефектів бактеріальних препаратів при інокуляції сільськогосподарських культур досягається шляхом створення полікомпонентних препаратів (біокомпозицій) на основі бактерій з різними екологічними функціями, а також БАР природного походження, які активують або стабілізують бактеріальний компонент композицій [13].

Визначення кількісних та якісних показників урожаю сільськогосподарських культур є завершальним етапом в оцінці ефективності елементів технології їх вирощування. Адже кінцева продуктивність рослин є інтегрованою величиною росту числа і розмірів фотосистем, динаміки інтенсивності їх функціонування, використання продуктів фотосинтезу на ріст, формування органів рослин і накопичення структурних компонентів урожаю [36]. Насіннева продуктивність є важливим критерієм оцінки формування та функціонування симбіотичних систем бобових культур [20].

Встановлено, що використання мікробних препаратів і регуляторів росту рослин є достатнім чинником для оптимального розвитку рослин люпину білого в умовах Західного Лісостепу України. Воно забезпечує формування хорошого урожаю. Проте, як потенційна, так і реальна продуктивність відносяться до сортових ознак, які змінюються під впливом факторів навколишнього середовища та елементів технології. Середня урожайність культури в Україні становить 1,5 т/га. У передових господарствах вирощують по 2,0-2,5 т/га зерна, а мутантних сортів білого люпину – 4,0 т/га і більше [49]. У зв'язку з цим, досить важливою науковою проблемою є виявлення залежностей впливу технологічних прийомів, зокрема передпосівної обробки насіння мікорбними препаратами та регуляторами росту, на активізацію процесу формування урожаю бобів сорту люпину білого Серпневий.

На фізіологічні процеси формування врожайності впливає значна кількість факторів, що не піддаються регулюванню (інсоляція, температура, опади, інші явища природи) також такі, якими людина може керувати (сорт, агротехніка, добрива, засоби захисту рослин від бур'янів, шкідників, хвороб, регулятори росту, технологія зрошення, збирання врожаю тощо). Найбільша продуктивність культури досягається за оптимального їх співвідношення на всіх етапах росту і розвитку рослин. Чим вони ближчі до оптимальних параметрів, тим кращі передумови високої продуктивності [33]. На жаль, теоретичне розуміння динаміки функціонування рослинного організму в мінливих кліматичних умовах надто далеке від можливості передбачити її практичну продуктивність у

конкретних умовах чи використати ці знання для керування ефективності господарсько важливих ресурсів. Жоден агротехнічний захід, застосований окремо, не дає очікуваного результату, лише комплекс агрозаходів та природних факторів може забезпечити високий врожай та хорошу його якість [35].

Ми проаналізували врожайність насіння люпину білого за дії мікробних препаратів, РРР та їх комплексів впродовж 2-х років у польових умовах (табл. 4.1).

Таблиця 4.1

Урожай насіння люпину білого, т/га

Варіант досліджу	Рік дослідження		Середня за роки дослідження
	2019	2020	
Контроль (без застосування препаратів)	2,72	2,10	2,41
Ризобофіт, штам 367а	3,03	2,23	2,63
Ризобофіт, штам 5500/4	2,80	2,56	2,68
РРР Регоплант	2,77	2,49	2,63
РРР Стимпо	2,88	2,14	2,51
Ризобофіт, штам 367а + РРР Регоплант	3,41	2,19	2,80
Ризобофіт, штам 367а + РРР Стимпо	2,74	2,59	2,67
Ризобофіт, штам 5500/4 + РРР Регоплант	2,81	2,71	2,76
Ризобофіт, штам 5500/4 + РРР Стимпо	3,05	2,10	2,58

Виявлено, що застосування мікробних препаратів та регуляторів росту рослин сприяє підвищенню насінневої продуктивності, оскільки люпин – культура, що добре реагує на достатній та оптимальний рівень забезпечення азотом. Проте найефективнішою в наших умовах виявилася сумісна дія ризобофіту, штам 367а + РРР Регоплант. Найвищий урожай зерна люпину білого отримано у зазначеному варіанті, що на 24,9 % більше від контролю. Використання РРР Регоплант та його сумісне застосування з ризобофітом на основі *B. sp.* (*Lupinus*) штаму 5500/4 збільшувало урожай насіння рослин сорту Серпневий відповідно на 16,2 та 20,5 %.

На нашу думку, це цілком закономірний результат, оскільки рослини в зазначених умовах отримують додаткове азотне живлення завдяки активному функціонуванню симбіотичних систем, утворених інтродукованими штамми бактеріальних препаратів та покращується їх метаболізм за рахунок РРР з біозахисними властивостями, що в кінцевому підсумку забезпечує зростання стійкості до негативних чинників навколишнього середовища, включно хвороб та підвищення урожайності.

Отже, процес формування врожаю люпину білого за використання мікробних препаратів та РРР зазнає позитивних структурних та функціональних змін, що дає змогу отримувати високі врожаї на сірих лісових ґрунтах. Найбільш ефективними елементами агротехніки культури щодо формування врожаю зерна та елементів його структури є сумісна передпосівна обробка насіння ризобіофітом на основі *B. sp.* (*Lupinus*) штамів 367а та 5500/4 з РРР Регоплант.

4.2 Накопичення сирого протеїну у насінні рослин *Lupinus albus* L. залежно від впливу регуляторів росту та мікробних препаратів

Актуальною проблемою сучасного сільського господарства є забезпечення населення країни повноцінними продуктами харчування тваринного походження. У зв'язку з цим, особливо важливого значення набуває питання забезпечення тваринництва необхідною кількістю перетравного протеїну [54]. У вирішенні проблеми дефіциту рослинних білків, важлива роль належить бобовим культурам, в урожаї яких уміст протеїнів в 1,3-3,0 рази вищий порівняно із злаковими [26]. Крім того, білки бобових повноцінніші за амінокислотним складом, екологічно чисті, їх розчинність і засвоєння в 1,5- 3,0 рази вища порівняно із зерновими злаками [29]. Зернобобові, і в першу чергу соя та люпин, мають велику харчову та кормову цінність, оскільки за вмістом білків в зерні та зеленій масі виділяються серед інших сільськогосподарських культур [28].

Види роду Люпин відзначаються високою азотфіксувальною здатністю, а також значним умістом білка у насінні і зеленій масі відповідно 30-40 % і 20%, володіють значним біологічним потенціалом [19, 21, 27]. Протеїни насіння люпину мають такий фракційний склад: вміст соле- та водорозчинних білків – 82-85 %, лугорозчинних – 5-8 %, нерозчинна фракція – 9-10 %, спирторозчинні білки практично відсутні, характеризується значним вмістом незамінних амінокислот. Лімітуючі амінокислоти білків люпину – сірковмісні. Білки люпину відрізняються від білків сої, пшениці та інших зернобобових більш високим вмістом таких амінокислот, як лізин, треонін (незамінна амінокислота, особливо необхідна для молодого організму), лейцин (незамінна амінокислота, яка відіграє важливу роль при лікуванні захворювань печінки, анемії та ін.). Це підтверджує його високу якість [19]. Проблема дефіциту рослинних білків викликала підвищений інтерес до вирощування люпину. Завдяки високому вмісту білків у рослині та його адаптації до різних ґрунтово-кліматичних умов, люпин є незамінною кормовою культурою. Критерієм оцінки активності функціонування симбіотичних систем може слугувати не тільки насіннева продуктивність бобової культури, а й вміст сирого протеїну у зерні (табл. 4.2).

Таблиця 4.2

Вміст сирого протеїну (у % на суху речовину) в насінні люпину білого, середнє за 2019-2020 рр.

Варіант досліджу	Сорт Серпневий	% до контролю
Контроль (без застосування препаратів)	32,65	–
Ризобофіт, штам 367а	34,69	106,24
Ризобофіт, штам 5500/4	32,86	100,64
РРР Регоплант	33,39	102,26
РРР Стимпо	33,35	102,14
Ризобофіт, штам 367а + РРР Регоплант	33,08	101,31
Ризобофіт, штам 367а + РРР Стимпо	33,37	102,20
Ризобофіт, штам 5500/4 + РРР Регоплант	32,60	99,84
Ризобофіт, штам 5500/4 + РРР Стимпо	33,10	101,37

Дослідження показали, що вміст протеїну у зерні люпину залежав від технології вирощування культури і коливався у межах 32,60% на суху речовину (сорт Серпневий). На накопичення сирого протеїну у насінні люпину білого також впливали сортові особливості культури. Застосування інокуляції ризобіфітом на основі бульбочкових бактерій штаму 367a найістотніше збільшувало вміст сирого протеїну (на 6,24 %) у насінні *L. albus* сорту Серпневий порівняно з контролем.

Передпосівна обробка насіння РРР Регоплант та Стимпо і використання їх сумісно з мікробіологічним добривом ризобіфіт, виготовленого на основі стандартного штаму бульбочкових бактерій сприяли накопиченню сирого протеїну у зерні сорту Серпневий.

РОЗДІЛ 5

ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ РИЗОБОФІТУ ТА РЕГУЛЯТОРІВ РОСТУ РОСЛИН ПРИ ВИРОЩУВАННІ ЛЮПИНУ БІЛОГО

Одержані результати досліджень можуть використовуватися виробництвом за умов значного зростання урожайності зерна та прибутку в результаті впровадження удосконаленого технологічного процесу. Для того щоб встановити економічну ефективність вирощування сільськогосподарських культур, зокрема і сої, необхідно користуватися такими показниками як урожайність насіння, приріст врожаю, вміст білка та жиру. Тобто це ті показники, що утворюють ціну реалізації; виробничі витрати – ті, що формують собівартість продукції [34].

Розробка технологічного процесу вирощування будь-якої сільськогосподарської культури, в тому числі і люпину, із використанням окремих елементів інтенсифікації технології вирощування в першу чергу повинна бути економічно обґрунтованою і вигідною. Наступним етапом досліджень було визначення економічної ефективності вирощування люпину білого за умов застосування ризобофіту на основі штамів бульбочкових бактерій 367а і 5500/4 та регуляторів росту рослин Регоплант і Стимпо.

В умовах ринкової економіки одним з основних критеріїв економічної ефективності технологічних процесів є чистий прибуток. Для економічного обґрунтування елементів технології використовували такі показники: затрати на виробництво продукції з 1 га, собівартість продукції, прибуток та рентабельність.

Найефективнішою виявилась технологія вирощування культури за сумісного застосування ризобофіту обох штамів з РРР Регоплант. Ретельно аналізуючи показники економічної ефективності було виявлено, що в середньому за роки досліджень найнижчий показник вартості вирощеної продукції 26510 грн./га відмічено на контрольному варіанті досліду без внесення мінеральних добрив та без застосування препаратів (табл. 5.1).

**Розрахунок економічної ефективності різних технологій вирощування
на 1 га люпину білого сорту Серпневий**

Технологія вирощування	Урожайність т/га	Всього витрат грн/га	Собівартість грн/ц	Вартість за ціною 11000 грн/т	Прибуток грн./га	Рентабельність %
Контроль (без застосування препаратів)	2,41	15458	6414	26510	11052	71,5
Ризобофіт, штам 367а	2,63	15484	5887	28930	13446	86,8
Ризобофіт, штам 5500/4	2,68	15484	5778	29480	13996	90,4
РРР Регоплант	2,63	15492	5890	28930	13438	86,7
РРР Стимпо	2,51	15493	6173	27610	12117	78,2
Ризобофіт, штам 367а + РРР Регоплант	2,8	15518	5542	30800	15282	98,5
Ризобофіт, штам 367а + РРР Стимпо	2,67	15519	5812	29370	13851	89,3
Ризобофіт, штам 5500/4 + РРР Регоплант	2,76	15518	5622	30360	14842	95,6
Ризобофіт, штам 5500/4 + РРР Стимпо	2,58	15519	6015	28380	12861	82,9

Максимальний показник вартості вирощеної продукції був сформований на варіанті дослідження де застосовувалися Ризобофіт, штам 367а + РРР Регоплант, і становив 30800 грн./га.

Разом із тим при збільшенні витрат на виробництво та вартості вирощеної продукції собівартість 1 т зерна сої знижувалась. В результаті, найменший показник собівартості 1 т зерна люпину 5542 грн. було відмічено також на варіанті із застосуванням Ризобофіт, штам 367а + РРР Регоплант. Варто зауважити, що на зазначеному варіанті дослідження отримали і найвищий рівень рентабельності 98,5 %.

Отож, всебічний економічний аналіз результатів проведених досліджень підсумував зроблені нами висновки щодо покращення системи живлення люпину. Так, максимально ефективною з економічної точки зору є технологічна модель вирощування люпину, котра ґрунтується на внесенні Ризобофіту, штам 367а та застосуванні регулятора росту рослин Регоплант, що сприяє формуванню максимального умовно чистого прибутку, відповідно, 15282 грн/га, та найвищого рівня рентабельності 98,5 %.

ВИСНОВКИ

За результатами проведених досліджень та обґрунтування одержаних результатів можна зробити такі висновки:

1. Дослідження ростових процесів люпину білого сорту Серпневий показало, що застосування ризобофіту на основі бульбочкових бактерій люпину штамів 367а та 5500/4 і регулятори росту рослин Стимпо та Регоплант інтенсифікували ріст стебла рослин *L. albus* L. протягом вегетації.

2. Фенологічні спостереження та підрахунок кількості листків на рослинах люпину білого сорту Серпневий показали, що мікробіологічні препарати та РРР Регоплант і Стимпо інтенсифікують галуження стебла і відповідно облиствіння рослин. Найбільш облиственими були рослини у фазі зеленого бобу за монозастосування ризобофіту, штам 5500/4.

3. Найбільшу площу асиміляційної поверхні у цій фазі виявлено за сумісного використання ризобофіту, штам 367а + РРР Регоплант, що на 51,1 % відповідно вище контролю. Моноінокуляція ризобофітом на основі бульбочкових бактерій штаму 5500/4 також істотно збільшувала фотосинтетичну поверхню листків протягом фаз цвітіння і зеленого бобу.

4. У рослин люпину сорту Серпневий максимальну масу бульбочок на коренях рослин виявлено за сумісної дії ризобофіту, штам 5500/4 з РРР Регоплант та Стимпо. Зниження маси бульбочок на коренях рослин інших варіантів, очевидно, пов'язане з їх лізисом

5. Найефективнішою в наших умовах виявилася сумісна дія ризобофіту, штам 367а + РРР Регоплант. Найвищий урожай зерна люпину білого отримано у зазначеному варіанті 2,80 т/га, що на 24,9 % більше від контролю. Використання РРР Регоплант та його сумісне застосування з ризобофітом на основі *B. sp.* (*Lupinus*) штаму 5500/4 збільшувало урожай насіння рослин сорту Серпневий відповідно на 20,5 %.

6. Передпосівна обробка насіння РРР Регоплант та Стимпо і використання їх сумісно з мікробіологічним добривом ризобофіт, виготовленого на основі

стандартного штаму бульбочкових бактерій сприяли накопиченню сирого протеїну у зерні сорту Серпневий на рівні 33,37 %.

7. Максимально ефективною з економічної точки зору є технологічна модель вирощування люпину, котра ґрунтується на внесенні Ризобофіту, штаму 367а та застосуванні регулятора росту рослин Регоплант, що сприяє формуванню максимального умовно чистого прибутку, відповідно, 15282 грн/га, та найвищого рівня рентабельності 98,5 %.

ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

Для отримання урожайності люпину на рівні 2,80 т/га з вмістом сирого протеїну в зерні 33,37 % агроформуванням різних форм власності Вінницької області рекомендується:

- проводити передпосівну обробку насіння ризобіфітом, виготовленим на основі бульбочкових бактерій люпину штамів 367а та 5500/4;
- поєднувати передпосівну обробку інокулянтном із регулятором росту рослин Регоплант у рекомендованих виробником нормах.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Авраменко С. Біологічна урожайність просапних культур / С. Авраменко, М. Цехмейструк, О. Глибокий та ін. // *Agroexpert: практичний посібник аграрія*. – 2011. – № 7. – С. 22 – 24.
2. Арсеньева Л. Ю. Використання насіння люпину для виробництва високобілкових харчових продуктів / Арсеньева Л. Ю., Бондар Н. П., Головченко О. В. // *Вісник ДонДУЕТ*. – 2013. – №. 1 (17). – С. 79-83.
3. Адамень Ф. Ф. Агробиологические особенности возделывания сои в Украине / Ф. Ф. Адамень, В. А. Вергунов, П. Н. Лазер [та ін.]. - К. : Аграрна наука, 2006. – 455 с.
4. Адамень Ф. Ф. Биологический азот – будущее земледелия / Ф. Ф. Адамень, Т. Н. Мельничук // *Сельскохозяйственное производство в южной степи – проблемы и перспективы: Тр. Крымского ИАПП УААН*. – Симферополь, 2004. – С. 38 – 50.
5. Алексейчук Г. Н. Физиологическое качество семян сельскохозяйственных культур и методы его оценки / Г. Н. Алексейчук, Н. А. Ламан // *Мн.: Право и экономика*, 2005. – 48 с.
6. Андреева Г. Ф. Фотосинтез и азотный обмен растений / Г. Ф. Андреева // *Физиология фотосинтеза*. – М.: Наука, 1982. – С. 89–104.
7. Андрієнко А. Л. Вплив різного насичення сівозмін соєю на її продуктивність / А. Л. Андрієнко, Ю. В. Мащенко // *Агроном*. – 2011. – № 1. – С. 140–143.
8. Анспок П. И. Микроудобрения / П. И. Анспок. – Агропромиздат, 1990. – 272 с.
9. Бабич А. О. Особливості підготовки ґрунту і строки сівби сої / А. О. Бабич, С. І. Колісник // *Пропозиція*. – 2001. – № 4. – С. 44 – 45.
10. Бабич А. О. Поліпшена технологія вирощування сої в умовах Західного Лісостепу України / А. О. Бабич, О. М. Бахмат, О. С. Чинчик. - ПП Мікротан А. Г.: Кам'янець-Подільський, 2009 – 23 с.

11. Бабич А. О. Селекція і виробництво сої в Україні / А. О. Бабич, А. А. Бабич-Побережна.: Монографія. – К.: ФОП Данилюк В. Г., 2008. –216 с.
12. Бабич А. О. Соєве поле України / А. О. Бабич // Агроном. – 2010. – № 1.– С. 174 – 179.
13. Бабич А. О. Сорти сої і перспективи виробництва її в Україні / А. О. Бабич // Пропозиція. – 2007. – № 4. – С. 46 – 49.
14. Бабич А. О. Сортова технологія вирощування - шлях до потенційних можливостей сої / А. Бабич, В. Ткачук, М. Новохацький // Пропозиція. – 2000. – № 10. – С. 41 – 42.
15. Бабич А. О. Соя в умовах південно-західного Степу України / А. О. Бабич, О. М. Дробітько // Пропозиція. – 2000. – № 10. – С. 40.
16. Бабич А. О., Бабич-Побережна А. А. Селекція, виробництво, торгівля і використання сої у світі / А. О. Бабич, А. А. Бабич-Побережна. - К.: Аграрна наука, 2011. – 548 с.
17. Бабич А. Соєвий пояс і розміщення виробництва сортів сої в Україні / А. Бабич, А. Бабич-Побережна // Пропозиція. – 2010. –№ 4. – С. 10.
18. Бабич А. Сортові ресурси сої для Лісостепу / А. Бабич // Аграрний тиждень. Україна. – 2012. – № 15. – С. 14.
19. Безуглий М. Д. Сучасні біотехнології у рослинництві / Безуглий М. Д. // Вісник аграрної науки. – 2010. – № 9. – С. 5-7.
20. Барвінченко В. І. Ґрунти Вінницької області / В. І. Барвінченко, Г. М. Заболотний. – Вінниця: ВДАУ. 2004. – 45 с.
21. Біопрепарати на основі бульбочкових бактерій для підвищення урожайності бобових культур [Волкогон В. В., Надкерничка О. В., Крутило Д. В., Ковалевська Т. М.] // Посібник українського хлібороба. – 2008. – С. 118-119.
22. Бахмат О. М. Агротехнічні заходи при вирощуванні сої на насіння в умовах Поділля / О. М. Бахмат // Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва. – 2010. – Вип. 74. – С. 159 – 164.

23. Бахмат О. М. Вдосконалення технології вирощування сої на зерно в умовах західного Лісостепу України / О. М. Бахмат, О. С. Чинник // Збірник наукових праць ВДАУ.– 2009. – № 38. – С. 11 – 18.
24. Брновицька М. А. Особливості формування національних сортових ресурсів люпину (*Lupinus L.*): стан і перспективи / Брновицька М. А. // Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин. – 2014. – № 2. – С. 30-36.
25. Борона В. П. Вплив біопрепаратів на шкідливі організми та продуктивність зернобобових та зернових культур / Борона В. П., Дерев'янський В. П., Карасевич В. В. // Корми і кормовиробництво. – 2012. – Вип. 73. – С.173-179.
26. Василюк В. М. Формування симбіотичних взаємовідносин рослин люпину з транспозоновими мутантами *Bradyrhizobium sp* (*Lupinus*) / Василюк В. М., Мельникова Н. М., Михалків Л. М. // Физиология и биохимия культ, растений. – 2009. – № 3. – С. 233-241.
27. Василюк В. М. Фізіологічні особливості взаємодії сої та люпину з новими штамми повільно рослих бульбочкових бактерій (*Bradyrhizobium*), отриманими транспозоновим мутагенезом: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. біол. наук: спец. 03.00.12 «Фізіологія рослин» / В. І. Василюк. – К., 2014. – 21 с.
28. Вишнякова М. А. Генетические ресурсы сои и люпина – неисчерпаемый источник высокомасличных форм для селекции / Вишнякова М. А. // Масложировая индустрия-2015 : мат. 5-й междунар. конф. (г. Санкт-Петербург 17-20 окт. 2005 г.) . – С-Пб , 2015. – С. 60-62.
29. Волкогон В. В. Мікробіологічні аспекти оптимізації азотного удобрення сільськогосподарських культур: Монографія / Волкогон В. В. – К. : Аграр. наука, 2007. – 144 с.
30. Вплив ґрунтових грибів на функціонування симбіотичної системи люпин –бульбочкові бактерії люпину / [Надкернична О. В., Горбань В. П., Дмитрук О. О. та ін.] // Селекція і насінництво. – 2009. – Вип. 97. – С. 266- 275.

31. Гонта А. І. Жовтий люпин – високоякісний корм і резерв білка / Гонта А. І. // Корми і кормовиробництво: міжвід. темат. наук. зб. – Вінниця, 2008. – № 53. – С. 99-103.
32. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – 5-е изд., доп. – перераб. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
33. Дідович С. В. Ефективність симбіотичної азотфіксації в агроценозах України / Дідович С. В., Толкачов М. З., Бутвіна О. Ю. // Сільськогосподарська мікробіологія: Міжвід. темат. наук. зб. – Чернігів, 2008. – Вип. 8. – С. 117-125.
34. Дудчук І. В. Оптимізація фізіологічних процесів у люпину застосуванням композицій бульбочкових бактерій та регуляторів росту / І. Дудчук, О. Данилишин, С. Пида // Проблеми та перспективи наук в умовах глобалізації : мат. ІХ Всеукраїнської наук. конф. (м. Тернопіль 18-22 лист. 2013 р.). – Тернопіль: ТНПУ ім. В. Гнатюка, 2013. – 278с.
35. Енергетична оцінка агроєкосистем / [О. Ф. Смаглій, А. С. Малиновський, А. Т. Кардашов та ін.] – Житомир: Видавництво «Волинь», 2004. – 132 с.
36. Застосування мікробних препаратів і протруйників у землеробстві / [Токмакова Л. М., Пищур І. М., Канівець В. І., Скорик В. В.] // Вісник аграрної науки. – 2012. – № 7. – С. 21-24.
37. Кадыров С. В. Влияние качества семян сои на результаты урожая / С. В. Кадыров, Н. А. Макарова // Агроном.– 2011. – № 4. – С. 92 – 93.
38. Камінський В. Ф. Вплив елементів технології вирощування на урожайність сої в умовах північного Лісостепу України / В. Ф. Камінський, Н. П. Мосьондз // Корми і кормовиробництво. Міжвід. темат. наук. зб. – Вінниця, 2010. – Вип. 66. – С. 91 – 95.
39. Корнейчук Н. С. Грибные болезни люпинов / Корнейчук Н. С. – К, 2010. – 374с.
40. Костенко Н. П. Дослідження нових сортів люпину вузьколистого (*Lupinus angustifolius* L.) та люпину білого (*Lupinus albus* L.) / Костенко Н. П.,

Лахтіонова С. О. // Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин. – 2013. – №. 3. – С. 26-29.

41. Куркина Ю. Н. Повышение посевных качеств бобовых культур под действием регуляторов роста / Куркина Ю. Н. // Научные ведомости БелГУ. – 2009. – № 11 (66). – С. 10-13.

42. Лаврик І. М. Особливості вегетації люпину вузьколистого при використанні бактеріальних препаратів та мікродобрих [Електронний ресурс] / Лаврик І. М., Жатова Г. О., Троценко В. І. // Вісник Сумського національного аграрного університету : науковий журнал. – Сер. «Агронія і біологія» / Сумський національний аграрний університет. – Суми : СНАУ, 2014. – Вип. 3 (27). – С. 111-114.

43. Методика державного сортовипробування сільськогосподарських культур (зернові, круп'яні та зернобобові культури): за ред. В. В. Волкодава. – К., 2001. – 69 с.

44. Методика проведення досліджень у кормовиробництві та годівлі тварин / [А. О. Бабич, М. Ф. Кулик, П. С. Макаренко та ін.], під ред. А. О. Бабича. – К.: Аграрна наука. – 1998. – 80 с.

45. Методика проведення дослідів по кормовиробництву / Під ред. А. О. Бабича. - Вінниця, 1994. – 87 с.

46. Микроэлементы в сельском хозяйстве (издание третье, переработанное и дополненное) / Под ред. С. Ю. Булыгина. - Днепропетровск: «Сич», 2007. – 100 с.

47. Мильто Н. И. Клубеньковые бактерии и продуктивность бобовых растений / Н. И. Мильто. – Минск: Наука и техника, 1982. – 286 с.

48. Мойсієнко В. В. Наукові здобутки та перспективи вирощування люпину кормового в Україні // Мойсієнко В. В., Панчишин В. З. // Вісник ЖНАЕУ. – 2014. – № 2(42) т.1.– С. 112-125.

49. Мойсейченко В. Ф. Основи наукових досліджень в агрономії. Підручник / В. Ф. Мойсейченко, В. О. Єщенко; – К.: Вища школа., – 1994. – 334 с.

50. Москаленко Л. В. Азотфіксуюча активність бульбочок сої за дії хелатних мікродобрив / Л. В. Москаленко // Матеріали ІІІ науково-практичної інтернет-конференції «Інноваційні аспекти технологій вирощування, зберігання і переробки продукції рослинництва». – Полтавська державна аграрна академія, 2014. – С. 91 – 93.
51. Патица В. П. Біологічний азот / [В. П. Патица, С. Я. Коць, В. В. Волкогон та ін.] за ред. В. П. Патики. – К.: Світ, 2003. – 424 с.
52. Патица В. П. Мікробна азотфіксація у сучасному кормовиробництві // В. П. Патица, В. Ф. Петриченко // Корми і кормовиробництво. – Вінниця: 2004. – Вип. 53. – С. 3 – 11.
53. Паштецький В. Одна з кращих зернобобових / В. Паштецький, К. Женченко // Аграрний тиждень. Україна. – 2013. – № 2. – С. 14 – 15.
54. Петриченко В. Ф. Вплив агрокліматичних факторів на продуктивність сої / В. Ф. Петриченко, А. О. Бабич, С. В. Іванюк, та ін. // Вісник аграрної науки. – 2006. – № 2. – С. 19 – 23.
55. Петриченко В.Ф. Виробництво та використання сої в Україні / В. Ф. Петриченко // Вісник аграрної науки. – 2008. – № 3. – С. 24 – 27.
56. Півошенко І. М. Клімат Вінницької області / Півошенко І. М. – В.: «ВАТ Віноблдрукарня», 1997. – 240 с.
57. Посыпанов Г. С. Биологический азот. Проблемы экологии растительного белка / Г. С. Посыпанов. – Изд-во ТСХА, 1993. – 272 с.
58. Посыпанов Г. С. Методологические аспекты изучения симбиотического аппарата бобовых культур в полевых условиях / Г. С. Посыпанов // Известия ТСХА, 1983. – Вып. 5. – С. 17 – 26.
59. Посыпанов Г. С. Формирование урожая в зависимости от инокуляции семян, орошения и режима минерального питания / Г. С. Посыпанов, Б. М. Князев, Б. Х. Жеруков // Известия ТСХА. – 1990. – Вып. 3. – С. 39 – 44.
60. Радченко Л. А. Популярно о микроминеральных удобрениях / Л. А. Радченко, К. Г. Женченко // Агроном. – 2012. – № 2. – С. 26 – 28.

61. Серета Л. М. Формування продуктивності сої залежно від строків сівби та стимуляторів росту в умовах центрального Лісостепу України: автореф. на здобуття наук, ступеня канд. с.-г. наук: спец. 01.06.09 «рослинництво» /Л. М. Серета. - Київ – Чабани, 2001. – 20 с.
62. Сучасні системи землеробства України / [Петриченко В. Ф., Панасюк Я. Я., Заболотний Г. М., Серета Л. П.] – Вінниця: Діло, 2006. – 212 с.
63. Тараріко Ю. О. Біоенергетична оцінка систем удобрення і агротехнологій / Ю. О. Тараріко, М. М. Городній, А. Г. Сердюк та ін // навчальне видання; методичні вказівки. – Друкарська дільниця УВК НАУ, 2006. – 34 с.
64. Тихонович И. А. Специфичность микробиологических препаратов для бобовых культур и особенности их производства / И. А. Тихонович, А. Ю. Борисов, А. Г. Васильчиков и др. // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2012. – № 3. – С. 11 – 17.
65. Тихонович И. А. Симбиозы растений и микроорганизмов: молекулярная генетика агросистем будущего / И. А. Тихонович. – СПб.: Изд-во СПб. гос. ун-та, 2009. – 210 с.
66. Толкачов М. З. Вплив різних форм і доз мінеральних азотних добрив на симбіотичну азотфіксацію та продуктивність сої / М. З. Толкачов // Корми і кормовиробництво. – Вінниця: – 2004. – Вип. 53. – С. 55 – 62.
67. Труфанов О. Природний підхід: мікродобрива на основі органічних кислот / О. Труфанов // Пропозиція. – 2012. – № 5. – С. 50–51.
68. Турін Є. М. Ефективність різних штамів бульбочкових бактерій на сої сорту Одеська 150 / Є. М. Турін // Вісник аграрної науки. – 2011. – № 4. – С. 34 – 36.
69. Ушкаренко В. А. Планирования эксперимента и дисперсионный анализ результатов полевого опыта / В. А. Ушкаренко, А. Я. Скрыпник. – Одесса: Вища школа, 1988. – 119 с.

70. Ушкаренко В. О. Дисперсійний і кореляційний аналіз результатів польових дослідів: Монографія/ [В. О. Ушкаренко, В. Л. Нікіщенко, С. П. Голобородько, С. П. Коковіхін]. – Херсон: Айлант, 2009. – 345 с.
71. Физиология растений: метод. указания по лаб. работам / [В. М. Гольд, Н. А. Гаевский, Т. И. Голованова и др.]. – Красноярск : ИПК СФУ, 2008. – 61 с.
72. Фотосинтетическая деятельность растений в посевах / [А. А. Ничипорович, Л. Е. Строганова, С. Н. Чмора, М. П. Власова]. – М: АН СССР, 1961. – 133 с.
73. Худяков О. І. Вплив позакореневого підживлення рідким добривом на якість сої / О. І. Худяков // Вісник аграрної науки. – 2011. – № 9. – С. 49 – 50.
74. Шевніков М. Я. Особливості вирощування сої в умовах нестійкого зволоження Лісостепу України / М. Я Шевніков // Матеріали III науково-практичної інтернет-конференції «Інноваційні аспекти технологій вирощування, зберігання і переробки продукції рослинництва». – Полтавська державна аграрна академія, 2014. – С. 7 – 12.
75. Шерепітко В. В. Адаптивна селекція рослин сої, як фактор екологічно безпечного та сталого функціонування агроєкосистем України / В. В. Шерепітко, Г. М. Заболотний, Н. А. Шерепітко // Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія: Сільськогосподарські науки. – 2011. – Вип. 7 (47). – С. 86 – 92.
76. Шишкин Р. В. Экономия энергетических затрат при возделывании сои / Р. В. Шишкин // Аграрная наука. – 2003. – № 12. – С. 14 – 15.
77. Школьник Н. Я. О физиологической роли бора у растений. / Н. Я. Школьник // Микроэлементы в сельском хозяйстве и медицине. Тезисы докладов V Всесоюзного совещания. Т. 3. – Улан-Удэ, 1966. – С. 6 – 7.
78. Шотт П. Р. Биологическая фиксация азота в однолетних агроценозах лесостепной зоны Западной Сибири / П. Р. Шотт // Автореф. дис. на соиск. ученой степени доктора с.-х. наук. – Барнаул, 2007. – 35 с.

79. Щігорцова О. Л. Мікробіологічні препарати в агротехнологіях вирощування зернобобових культур / О. Л. Щігорцова, Є. М. Турін // Вісник аграрної науки. – 2008. – № 9. – С. 18 – 20.
80. Heatherli L. J. The stale seed bed planting system // Soybean production in the Midsouth / Heatherli L. J. // Florida VSQ. – 1999. – P. 93 – 102.
81. Kilen T. S. A temperature sensitive miniature Soybean / Kilen T. S. // Crop Science. – 1979. – V. 19. – N 3. – P. 405 – 406.
82. Kokubun M. Diurnal change of photosynthesis and its relation yield in soybean cultivars / Kokubun M., Shimada S. // Japan J. Crop. Sc. – 1994. – Vol. 63. – №2. – P. 305 – 312.

ДОДАТКИ

Додаток 1

Розрахункова таблиця дисперсійного аналізу вирощування люпину за роки досліджень

Джерело варіації	Сума квадратів	Ступені свободи	Середній квадрат	F		\bar{t}
				факт.	теор.	
Загальне	347,37	29	–	–	–	–
Повторень	3,79	2	–	–	–	–
Фактора А	175,21	1	175,208	884,99	4,41	–
Фактора В	162,51	4	40,629	205,22	2,93	–
Взаємодії АВ	2,29	4	0,572	2,89	2,93	–
Похибка (C_z)	3,56	18	0,198	–	–	2,101

Розрахункова таблиця дисперсійного аналізу вирощування люпину за роки досліджень

Джерело варіації	Сума квадратів	Ступені свободи	Середній квадрат	F		\bar{t}
				факт.	теор.	
Загальне	27,64	29	–	–	–	–
Повторень	0,18	2	–	–	–	–
Фактора А	6,41	1	6,413	343,88	4,41	–
Фактора В	20,27	4	5,068	271,76	2,93	–
Взаємодії АВ	0,44	4	0,111	5,95	2,93	–
Похибка (C_z)	0,34	18	0,019	–	–	2,101