



В.П. Карпенко

Ю.І. Івасюк

Р.М. Притуляк

А.О. Чернега

О.Л. Бурдяй

**Основи біологізації в
технологіях вирощування сої**

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Уманський національний університет садівництва

В.П. Карпенко

Ю.І. Івасюк

Р.М. Притуляк

А.О. Чернега

О.Л. Бурляй

Основи біологізації в технологіях вирощування сої

За редакцією доктора с.-г. наук Карпенка В.П.

*Схвалено до друку вченою радою
Уманського національного університету садівництва
як наукове та навчально-методичне видання*

Умань
«Видавець Сочінський М.М.»
2017

Рецензенти:

В.П. Патика – доктор б. наук, професор, завідувач відділу фітопатогенних бактерій, Інститут мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України;

І.І. Мостов'як – кандидат с.-г. наук, доцент кафедри карантину і захисту рослин, Уманський національний університет садівництва.

*Друкується за ухвалою вченої ради Уманського НУС
(протокол № 2 від 26 жовтня 2017 року).*

Основи біологізації в технологіях вирощування сої / В.П. Карпенко, Ю.І. Івасюк, Р.М. Притуляк, А.О. Чернега, О.Л. Бурляй; за ред. В.П. Карпенка: рекомендації (монографія). – Умань: Видавець «Сочінський», 2017. – 148 с.

У виданні узагальнено результати експериментальних і теоретичних досліджень щодо сумісного застосування гербіцидів, регуляторів росту рослин і мікробіологічних препаратів. Розглянуто основні мікробіологічні, фізіолого-біохімічні, анатомічні та агробіологічні механізми їх дії, що забезпечують одержання високоякісного врожаю за зниженого пестицидного навантаження на агроценози й навколишнє природне середовище.

Для наукових працівників, викладачів, студентів, спеціалістів сільського господарства.

© Карпенко В.П., Івасюк Ю.І.,
Притуляк Р.М., Чернега А.О.,
Бурляй О.Л.

© Уманський національний
університет садівництва, 2017

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ І ПОЗНАЧЕНЬ

КАА – крохмало-аміачний агар

K_m – коефіцієнт морфоструктури

КУО – колонієутворюючі одиниці

МП – мікробний препарат

МПА – м'ясопептонний агар

МПБ – м'ясопептонний бульйон

ПЛП – площа листкової поверхні

РРР – регулятор росту рослин

ФА – ферментативна активність

Хл a – хлорофіл a

Хл b – хлорофіл b

Хл $a+b$ – сума хлорофілів a і b

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА	7
ВСТУП	9
1. МІКРОБІОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ В ҐРУНТІ ТА ФІЗІОЛОГО-БІОХІМІЧНІ В РОСЛИНАХ ЗА ВИКОРИСТАННЯ В ПОСІВАХ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР БІОЛОГІЧНИХ І ХІМІЧНИХ ПРЕПАРАТІВ	12
2. ФУНКЦІОНУВАННЯ СИМБІОТИЧНОГО АПАРАТУ <i>GLYCINE MAX (L.) MERR. – BRADYRHIZOBIUM JAPONICUM</i> ТА ОСНОВНИХ МІКРОБНИХ УГРУПОВАНЬ РИЗОСФЕРИ СОЇ ЗА ДІЇ ГЕРБІЦИДУ ФАБІАН, РЕГУЛЯТОРА РОСТУ РОСЛИН РЕГОПЛАНТ ТА МІКРОБНОГО ПРЕПАРАТУ РИЗОБОФІТ	29
2.1. Симбіотичний апарат <i>Glycine max (L.) Merr. – Bradyrhizobium japonicum</i>	29
2.2. Розвиток бактерій <i>Bradyrhizobium japonicum</i> у бульбочках сої	38
2.3. Синтез леггемоглобіну	45
2.4. Азотфіксувальні мікроорганізми родів <i>Azotobacter</i> і <i>Clostridium</i>	49
2.5. Загальна чисельність ризосферних мікроорганізмів	55
2.6. Основні еколого-трофічні групи мікроорганізмів ризосфери сої	61
2.7. Активність основних ґрунтових ферментів	66
3. БІОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ В РОСЛИНАХ СОЇ ЗА ДІЇ ГЕРБІЦИДУ ФАБІАН, РЕГУЛЯТОРА РОСТУ РОСЛИН РЕГОПЛАНТ ТА МІКРОБНОГО ПРЕПАРАТУ РИЗОБОФІТ	71
3.1. Анатомо-морфологічні зміни у рослинах	71
3.2. Формування листкового апарату	80
3.3. Формування пігментного комплексу	86

4. АГРОБІОЛОГІЧНА ОЦІНКА ВИРОЩУВАННЯ СОЇ ЗА ВНЕСЕННЯ ГЕРБІЦИДУ ФАБІАН, РЕГУЛЯТОРА РОСТУ РОСЛИН РЕГОПЛАНТ ТА МІКРОБНОГО ПРЕПАРАТУ РИЗОБОФІТ	92
4.1. Забур'яненість посівів сої	92
4.2. Урожайність	97
4.3. Якісні характеристики отриманого врожаю	100
5. ЕКОНОМІЧНА І БІОЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОЩУВАННЯ СОЇ ЗА ВИКОРИСТАННЯ ГЕРБІЦИДУ ФАБІАН, РЕГУЛЯТОРА РОСТУ РОСЛИН РЕГОПЛАНТ ТА МІКРОБНОГО ПРЕПАРАТУ РИЗОБОФІТ	106
УЗАГАЛЬНЕННЯ	111
ЛІТЕРАТУРА	114

ПЕРЕДМОВА

Нині до України, як виробника сої, зростає інтерес не лише в Європі, а й на світовому ринку аграрного виробництва. Дана культура являє собою важливу складову світової економіки: з її урожаєм у продовольчі ресурси надходить близько 100 млн. т соєвого білка, виробляється понад 43 млн. т олії та 183 млн. т соєвого шроту. Здатність сої засвоювати біологічний азот сприяє накопиченню до 20 млн. т біологічного азоту в ґрунті, завдяки якому покращується родючість ґрунтів. Проте отримання високих врожаїв сільськогосподарських культур у сучасному виробництві, у тому числі й сої, без застосування пестицидів неможливе. Саме тому актуальним завданням для сільськогосподарської науки є розробка моделей технологічних процесів вирощування культур з урахуванням агроекологічних вимог. Одним із шляхів поліпшення функціонування агроєкосистем з одночасним послабленням негативної дії інтенсивного землеробства на навколишнє природне середовище є біологізація виробництва сільськогосподарської продукції за рахунок введення у технології вирощування культур препаратів біологічної природи.

У даному виданні автори, застосувавши комплексний підхід до вирішення проблеми пестицидного навантаження на агроценози, систематизували, узагальнили та доповнили власними дослідженнями з питань введення у технологію вирощування сої елементів біологізації, зокрема застосування мікробних препаратів та регуляторів росту рослин.

Представлені експериментальні матеріали згруповано з позиції ґрунтової мікробіології, фізіології та анатомії рослин. Метою даного видання є ознайомлення науковців, фахівців сільського господарства та широкого кола читачів з останніми дослідженнями з питань біологізації технологій вирощування сільськогосподарських культур на прикладі сої, які будуть сприяти подальшому розвитку науки та забезпечать розробку екологічних та енергоощадних агротехнологій.

ВСТУП

Сучасні технології вирощування сільськогосподарських культур передбачають інтенсивне використання біологічно активних речовин, особливо хімічного походження, що є однією з вагомих причин нагромадження залишків пестицидів як в продукції, так і в нішах екосистем [1]. Тому актуальним завданням для сільськогосподарської науки є розробка моделей технологічних процесів вирощування культур з урахуванням агроекологічних вимог [2].

Дослідження останніх років доводять, що вирішення завдання стійкого функціонування агроекосистем з одночасним послабленням негативної дії інтенсивного землеробства на навколишнє середовище можна досягти за рахунок біологізації виробництва сільськогосподарської продукції [3–5].

Однією з цінних зернобобових і олійних культур з широким спектром використання є соя – *Glycine max* (L.) Merr. Саме ця культура здатна покрити дефіцит продовольчого і кормового білка на ринку України, що гарантує їй високий попит [6]. Як стратегічна культура в АПК України, вона заслуговує на особливу увагу, в тому числі й з погляду збереження родючості ґрунтів. Адже завдяки їй поліпшується фітосанітарний стан агроекосистем [7], оптимізується структура й родючість ґрунту, підвищується культура землеробства [8]. Проте найбільша агрономічна цінність сої – здатність до біологічної фіксації азоту повітря з наступним перетворенням його в сполуки, що легко засвоюються живими організмами [9]. Процес здійснюється за рахунок енергії фотосинтезу, інтенсивність якого регулює сама рослина [10].

Оптимальний перебіг продукційного процесу сільськогосподарських культур часто лімітує рівень забезпечення рослин сполуками азоту [11]. Проблема біологічного азоту була й залишається актуальною в землеробстві. Особливо велике його значення в умовах погіршення екологічної ситуації та

недостатнього забезпечення сільського господарства азотними добривами. Екологічна доцільність використання процесу біологічної азотфіксації в господарських цілях нині є одним із основних напрямів сучасного землеробства. Такий підхід знаходить своє технологічне застосування у вирощуванні зернобобових культур, у тому числі й сої [9, 12].

Серед чинників, що значною мірою впливають на ріст і розвиток рослин, формування рівня врожайності, покращення якісних характеристик отриманого врожаю важливе значення має обробка насіння препаратами природного походження [13]. Проте, враховуючи, що на початкових етапах росту рослини сої не можуть конкурувати з бур'янами [14, 15], виключати застосування гербіцидів з технології її вирощування недоцільно. Водночас поєднання в технологіях вирощування сої біологічних і хімічних препаратів, їх вплив на функціонування мікробного комплексу на формування продуктивності посівів є вивченим недостатньо.

Обґрунтування актуальності проблеми інтегрованої дії біологічних і хімічних препаратів. Сучасне аграрне виробництво характеризується частковим внесенням мінеральних і органічних добрив на фоні інтенсивного застосування хімічних препаратів, що нагально актуалізує необхідність пошуку додаткових джерел живлення рослин за одночасного послаблення негативної дії в агроценозах пестицидів [16]. Дієвим шляхом зменшення негативної дії хімічних речовин на навколишнє природне середовище є повна або часткова їх заміна біологічними препаратами з біоконтролюючим потенціалом [17].

Нині наявні наукові матеріали відображають суперечливі дані стосовно роздільного та інтегрованого застосування хімічних і біологічних препаратів у технологіях вирощування сільськогосподарських культур. Разом з тим більшість науковців [18, 19] доводять позитивний вплив від їх комбінування на функціонування мікробного ґрунтового комплексу та проходження

основних фізіологічних процесів у рослинах за одночасного зростання їх продуктивності і покращення якості врожаю [20, 21]. Проте низка питань стосовно інтегрованої дії мікробних препаратів (МП), регуляторів росту рослин (РРР) і гербіцидів у посівах сої на ефективність функціонування системи *Glycine max* (L.) Merr. – *Bradyrhizobium japonicum*, а звідси і на підвищення продуктивності посівів і якості врожаю, залишається невивченою. У зв'язку з цим вирішення завдання підвищення ефективності функціонування симбіотичного апарату сої за інтегрованого застосування хімічних і біологічних препаратів дозволить розробити для виробництва елементи біологізованої технології вирощування культури, що в нинішніх умовах аграрного виробництва є вкрай актуальним і необхідним.

1. МІКРОБІОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ В ҐРУНТІ ТА ФІЗІОЛОГО-БІОХІМІЧНІ В РОСЛИНАХ ЗА ВИКОРИСТАННЯ В ПОСІВАХ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР БІОЛОГІЧНИХ І ХІМІЧНИХ ПРЕПАРАТІВ

За даними міжнародної організації з продовольства (ФАО), середньорічні втрати у світовому сільському господарстві від бур'янів перевищують 20 млн. доларів США, що становить близько 5 % вартості фактично зібраного врожаю [22]. В окремих випадках за наявності бур'янів урожайність сільськогосподарських культур може знижуватись до 50 % [7, 23]. Окрім прямої конкуренції за воду і поживні речовини бур'яни ускладнюють збір врожаю, збільшуючи при цьому вологість насіння, що потребує додаткових затрат на очистку і досушування [24]. Світова практика і розробки вітчизняних вчених [25–28] доводять, що проблему захисту посівів від бур'янів необхідно вирішувати шляхом удосконалення хімічного методу боротьби, адже нині і в недалекій перспективі альтернативи цьому не існує [29, 30].

Проте гербіциди є речовинами високої фізіологічної активності [31–32]. Тому при вивченні їх дії важливо знати не тільки вплив на бур'яни а й на культурні рослини, ризосферну й симбіотичну мікробіоту, які в комплексі забезпечують формування продуктивності посівів [33].

У зв'язку з вищевикладеним, актуальною є розробка біологічних методів захисту рослин, що базується на використанні природних агентів біологічної природи [34, 35]. Комплексне оцінювання ефективності біологічних препаратів базується на низці критеріїв: походження, спосіб одержання, відсутність шкідливого впливу на навколишнє середовище, токсикологічна та екологотоксикологічна оцінка діючої речовини і супутніх компонентів, їх вплив на продуктивність та якість отриманого врожаю [36]. За високої відповідності вищенаведеним критеріям біологічні препарати можуть скласти основу біологізованих технологій вирощування сільськогосподарських

культур, які спрямовані на максимальне використання природних компонентів агроecosystem, зокрема активізації діяльності мікробних угруповань ґрунту [37].

Серед біологічних препаратів широкого застосування у аграрному виробництві набувають мікробні препарати, які забезпечують підвищення урожайності і поліпшення якості сільськогосподарської продукції [38–40]. Така увага до мікробних препаратів обумовлена й тим, що їх застосування є економічно доцільним та екологічно безпечним [41].

Головною функцією мікробних препаратів є регуляція діяльності ґрунтової мікробіоти у бік збільшення корисних і відселектованих форм мікроорганізмів з метою спрямування їх діяльності на активізацію проходження в рослинах фізіолого-біохімічних процесів, що лежать в основі одержання високих урожаїв [42]. Інокуляція насіння високоефективними штамми бульбочкових бактерій дозволяє реалізувати до 15–50 % симбіотичного азотфіксуючого потенціалу, а решта резерву може бути використана за оптимізації умов функціонування симбіозу [43, 44]. Рядом дослідників встановлено, що інокулювання насіння сої високоактивними штамми бульбочкових бактерій сприяє підвищенню рівня врожайності цієї культури на 10–15 % [45], а за відсутності у ґрунті аборигенних популяцій азотфіксувальних бактерій – на 25–30 %, за одночасного зростанням вмісту білків у насінні [46].

Мікробіота, що заселяє кореневу систему, є трофічним посередником між ґрунтом і рослиною, відповідальним за перетворення складних хімічних сполук у прості й доступні для живлення рослин, які в оточенні повноцінного комплексу мікроорганізмів одержують необхідне кореневе живлення і, як наслідок, рослини повніше реалізують свій генетичний потенціал щодо врожайності [47, 48].

Створення можливостей та засобів регуляції онтогенезу рослинного організму є важливим завданням сучасної сільськогосподарської науки. Вирішальне значення в цьому процесі відіграють крім мікробних препаратів і

регулятори росту рослин. Вони виконують регуляцію фізіологічних процесів гормонами та їх синтетичними аналогами, що є досить специфічним і не може бути здійснено іншими засобами [49, 50]. Використання регуляторів росту підвищує стійкість рослин до несприятливих чинників природного та антропогенного походження: критичних перепадів температур, дефіциту вологи, токсичної дії пестицидів, ураження хворобами і пошкодження шкідниками [51–53]. Як зазначає З. Краснодемська [54], крім підвищення врожайності на 10–25 %, регулятори росту рослин скорочують термін дозрівання, зменшують в рослинах вміст нітратів, пестицидів та важких металів, підвищують харчову цінність вирощеної продукції, зменшують втрати при збиранні, транспортуванні та зберіганні. Тому цілком доцільним є поєднання їх в одному технологічному процесі з засобами захисту рослин [55].

Комплекси регулятори росту рослин на основі фізіологічно активних природних сполук і елементів живлення та поєднання їх з безпечними засобами захисту рослин, включаючи мікробні, створює можливість для отримання високих врожаїв з одночасним вирішенням екологічних проблем – зниження пестицидного навантаження на довкілля [56–58].

Доцільність заходів інтегрованого застосування препаратів різної функціональної дії підтверджується дослідженнями ряду авторів [59, 60], які доводять, що в комплексах з гербіцидами та іншими хімічними речовинами біологічні препарати виконують роль антистресових сполук: прискорюють детоксикацію гербіцидів і знімають ефект депресії [61]. Також регулятори росту рослин позитивно впливають на розвиток і функціонування мікробіоти ґрунту, сприяють формуванню активних азотфіксувальних симбіозів, що істотно впливає на продуктивність сільськогосподарських культур [62].

Одним із пріоритетних напрямків розвитку аграрного сектору в Україні є інтенсифікація виробництва, застосування нових прогресивних технологій, які дають змогу підвищити врожайність і стійкість сільськогосподарських рослин до несприятливих чинників довкілля. Отже, складовою частиною цього напрямку є розробка методів екзогенної регуляції та стабілізації

адаптивних реакцій рослин завдяки використанню гербіцидів та фізіологічно активних речовин природного походження [45].

Ґрунт – головний засіб сільськогосподарського виробництва і основа агроecosystem [63]. Найголовнішою властивістю ґрунту є родючість – здатність задовольняти потреби рослин всіма необхідними умовами для повноцінного функціонування і збільшення продуктивності [54]. Вона формується під впливом складної системи екологічних факторів, серед яких провідна роль належить біохімічній діяльності мікроорганізмів [65, 66].

В орному шарі ґрунту міститься близько 5 % клітковини, що є великим резервом його родючості. Тому процес розкладу клітковини протікає безперервно, тобто піддається біологічній трансформації за участі ґрунтової мікробіоти [67], саме цей біополімер виступає основним джерелом вуглецю і енергії для біоценозу ґрунту [68]. Бактерії, що заселяють кореневу зону рослин, утворюють своєрідний біологічний чохол – ризосферу, і є трофічним посередником між ґрунтом і рослиною. Саме мікроорганізми є відповідальними за перетворення низки складних сполук у прості, доступні для живлення рослин [69, 70].

Функціонування ґрунтової мікробіоти є одним з важливих чинників, що сприяє структуруванню ґрунту. Розвиваючись на поверхні часточок ґрунту, мікроміцети і актиноміцети оточують ці часточки міцелієм і формують водостійкі агрегати, які на наступному етапі можуть скріплюватися гумусом [71]. Певну роль у цьому процесі відіграють мікроорганізми, що синтезують позаклітинні полісахариди [72].

Ґрунтовий мікробіоценоз бере участь у формуванні всіх важливих властивостей ґрунту, які визначають його таксономічні характеристики: спрямованість, інтенсивність і тип процесів ґрунтоутворення, сприяє біодинамічній врівноваженості процесів синтезу і руйнації органічної речовини, виділяє рістактивуючі речовини та забезпечує доступність поживних речовин рослинам [72, 73].

За даними В. Т. Ємцева [74], в 1 г ґрунті нараховується близько мільярда клітин мікроорганізмів, при чому маса бактерій та мікроскопічних грибів у екосистемах може сягати декількох тон на один гектар [72]. Ґрунт характеризується високим генофоном, але реалізація корисних властивостей мікробіоти у відновленні продуктивності рослин відбувається не завжди [12]. Ґрунтова мікробіота є обов'язковим компонентом агрофітоценозу, де між рослинами і мікроорганізмами здійснюються молекулярні взаємодії, суть яких полягає в обміні метаболітами і їх трансформації [75].

Відомо, що кількісний та якісний склад мікробіоти ґрунту, як чутливий індикатор стану агроекосистем, відображає ступінь антропогенного навантаження, тому використовується, як діагностичний показник при оцінці екологічного стану, що дає можливість виявити певні зміни екосистеми [69, 76, 77]. Біологічна активність включає мікробіологічні, фізіологічні та біохімічні властивості ґрунту, його особливості та стан. Показники біологічної активності ґрунту досить різноманітні. Загальний рівень біологічної активності можна охарактеризувати двома групами показників: перша – чисельність різних груп мікроорганізмів, кожна з яких має здатність трансформувати певні речовини; друга – показники сумарної діяльності мікроорганізмів (продукти мікробного синтезу, розпаду та ін.). До показників сумарного ефекту діяльності ґрунтових мікроорганізмів можна віднести: нітрифікаційну здатність, інтенсивність руйнування лляної тканини, протеазну активність, тощо [78–80].

Загальний характер розвитку мікроорганізмів визначається екологічними умовами різних типів ґрунтів і їх можна розглядати як угруповання, що відображають адаптивні реакції метаболізму на різні агротехнології [81]. Ґрунтові мікроорганізми характеризуються високою чутливістю до умов існування і реагують на зміни, що відбуваються під впливом антропогенних чинників, у тому числі й після застосування гербіцидів. При цьому можуть відбуватися зміни в структурі мікробних ценозів, що у свою чергу призводить до змін поживного режиму ґрунту

[82, 83]. Відносно стійкими до дії пестицидів вважаються органогетеротрофні, педотрофні, оліготрофні, целюлозоруйнівні мікроорганізми. Більш чутливими є нітрифікуючі, вільноживучі азотфіксувальні та бульбочкові бактерії [84].

Не менш важливим аспектом взаємодії мікроорганізмів і пестицидів є трансформація цих сполук мікроорганізмами-деструкторами. Значення мікробіоти в цьому процесі оцінюється в межах 10–70 % [85]. При мікробіологічній деструкції пестицидів у ґрунті можливе утворення хімічних речовин, токсичність яких вище вихідних сполук [86]. Ця функція є особливо важливою в умовах забруднення ґрунту ксенобіотиками. Відомо, що мікроорганізми здатні розкласти пестициди, вуглеводні, включати у свій метаболізм важкі метали, за допомогою різних механізмів, які можуть бути використані як основа для біоремедіації [87, 88].

Інтродукція в ризосферу сої азотфіксувальних і фосфатмобілізувальних мікроорганізмів приводить до перебудови функціональних взаємовідносин між рослиною-господарем і мікробіоценозом її ризосфери. Це виявляється у регулюванні кількості мікроорганізмів, які беруть участь у мінералізаційних процесах і уповільненні розкладання гумусу [89].

З результатів багатьох вітчизняних і закордонних досліджень [90–92] випливає, що характер дії гербіцидів на ґрунтові мікроорганізми залежить від різних чинників: норм і хімічних властивостей препаратів, строків їхнього внесення, складу мікробіоти, ґрунтового-кліматичних умов тощо. У літературі наводяться суперечливі дані щодо впливу гербіцидів на функціонування мікробних угруповань ґрунту. Так, дослідженнями І. М. Сторчоуса [93] доведено токсичну дію препарату на основі діючої речовини хлортолуруну, який пригнічував розвиток бактерій і актиноміцетів удвічі, а мікроміцетів – утричі; тоді як дія інших препаратів [94], на прикладі Мерліну в нормі 150 г/га не впливала негативно на чисельність ризосферної мікробіоти, а через 30 діб після внесення препарату навіть спостерігався стимулюючий ефект.

Гербіциди, як високоактивні хімічні сполуки, навіть у рекомендованих для виробництва нормах суттєво впливають на ріст і розвиток ґрунтової

мікробіоти [95, 96], що відображається у зміні їх структурної організації. Так, згідно досліджень Х. А. Валіда Ібрагіма [97], внесення гербіциду Стомп у нормі 5,0 л/га призводить до зменшення кількості мікроміцетів порівняно з контролем без препаратів, а застосування гербіциду Фронт'єр у нормах 1,7 і 1,5 л/га – збільшенню їх кількості по відношенню до контролю без обробок. Закордонними авторами також встановлено, що гербіциди певних класів пригнічують розвиток мікробіоти ґрунту, але лише на початкових етапах їх застосування [98–100]. Зростання чисельності окремих, більш стійких груп мікроорганізмів, під впливом пестицидів відбувається в результаті загибелі конкуруючих з ними популяцій, як наслідок, за рахунок відмерлих ґрунтових організмів поживний режим ґрунту поліпшується [101].

Науковці також стверджують [102], що для зменшення негативної дії ксенобіотика на ґрунт і рослини доцільно поєднувати їх застосування з біологічними препаратами (регуляторами росту рослин, препаратами мікробного походження, тощо), що підтверджується низкою експериментальних даних [103, 104]. Дослідженнями З. М. Грицаєнко і співавт. [105] та О. Л. Тонхи [106] встановлено, що гербіциди, як сполуки з високою активністю, здатні впливати на проходження мікробних процесів у ґрунті незалежно від норм.

Експериментальними дослідженнями Н. Ю. Мацай [107] встановлені зміни в кількості мікроорганізмів та целюлозоруйнівній активності ґрунту за використання мікробного препарату Діазофіт, на основі асоціативних азотфіксаторів, при вирощуванні ячменю ярого та кукурудзи. Зокрема, загальна чисельність мікроорганізмів у ризосфері рослин зростала на 25–28 %, кількість амоніфікаторів, нітрифікаторів, азотфіксаторів – на 12–19 % та на 17–28 % збільшувалася целюлозоруйнівна активність ґрунту.

Щодо впливу регуляторів росту рослин на мікробні угруповання ґрунту різні автори сходяться до думки про відсутність негативного їх впливу на мікроорганізми [108], або наводять дані щодо стимулювання їх розвитку [109].

Дослідження, виконані рядом вчених, засвідчують позитивний вплив застосування в сумішах біологічно активних речовин різної природи і на мікробіоценоз ґрунту. Так, З. М. Грицаєнко і О. І. Заболотний [110] вказують, що застосування суміші РРР Зеастимулін з гербіцидом Базис 75 у нормі 20 г/га забезпечує найбільш активний розвиток мікробіоти у ризосфері кукурудзи, зокрема кількість бактерій при цьому зростає на 42 %. С. А. Оратівська [111] стверджує, що найбільша кількість ризосферних бактерій, мікроміцетів та актиноміцетів розвивається у посівах гороху на фоні передпосівної обробки насіння РРР Біолан 20 мл/т сумісно з МП Поліміксобактерин 50 мл/т з наступним обприскуванням посівів гербіцидом Пульсар 40 у нормі 0,5 л/га сумісно з регулятором росту Біолан 15 мл/га, що забезпечило зростання їх кількості на 69; 87 та 121 % відповідно. Результати досліджень А. А. Даценко [112] доводять, що збільшення кількості бактерій ризосфери гречки на 31 % було відмічено у варіантах з обробкою насіння перед сівбою МП Діазобактерин 175 та 200 мл сумісно з РРР Радостим 250 мл/т за наступної обробки посівів Радостимом 50 мл/га.

Проте слід відзначити, що незважаючи на значну увагу дослідників до різноманіття і функціонування мікробіоценозів ґрунту, в літературі недостатньо висвітлено питання щодо закономірностей змін їх складу в залежності від інтегрованого застосування різних норм МП, РРР та гербіцидів.

Для сучасної системи землеробства важливе значення мають мікробіологічні чинники, врахування яких дає можливість істотного підвищити родючість ґрунту і ступінь реалізації генетичного потенціалу рослини [113].

Як відомо, значна кількість представників прокаріотів має здатність до біологічного зв'язування молекулярного азоту повітря, що пов'язано з наявністю у них специфічного ферменту – нітрогенази [46]. Здатність бобових рослин фіксувати атмосферний азот за допомогою бульбочкових бактерій та використовувати його в процесі синтезу білків і амінокислот є важливою їх властивістю. У процесі азотфіксації рослини забезпечуються азотом на

90–95 % [114, 115]. За сприятливих умов за вегетаційний період фіксується від 70 до 140 кг азоту за діючою речовиною на один гектар [116, 117].

Важливим компонентом ризоценозу бобових культур є бульбочкові бактерії. Симбіоз з ризобіями надає їм низку переваг над іншими рослинами: знижує залежність від наявності сполук азоту в ґрунті, підвищує стійкість до дії стресових чинників [118]. Бобові культури у симбіозі з бульбочковими бактеріями здатні фіксувати азоту: соя – 90–240, горох – 70–160, конюшина – 180–670 кг/га, боби – 100–550, люцерна – 200–460, люпин – 150–450 кг/га [119–121].

Ця особливість бобових культур має велике практичне значення, оскільки інтродукція в кореневу зону активних штамів бактерій підвищує рівень симбіотичної азотфіксації та покращує інші господарсько-цінні ознаки рослин. Внесення біопрепаратів бульбочкових бактерій є обов'язковим агротехнічним заходом, доцільність та ефективність якого не викликає сумніву [122]. При взаємодії з рослиною-живителем ризобії індукують нодуляційний процес, тісно пов'язаний з основними функціями рослин – цитодиференціюванням і органогенезом, азотним і вуглецевим обміном, захистом від патогенів тощо [123].

За результатами досліджень В. П. Патики [124], продуктивність азотфіксації в агроценозах з пшеницею озимою на півдні України може досягати до 60 кг/га, з просом – до 40 кг/га азоту за вегетацію. На дерново-перегнійних ґрунтах в агроценозах з житом озимим акумуляція фіксованого мікроорганізмами азоту досягає 9,2 кг/га за сезон [125]. Продуктивність асоціативної азотфіксації в агроценозах зони помірних широт не перевищує 20–60 кг/га азоту за вегетаційний період, що на порядок нижче продуктивності симбіотичної азотфіксації [126].

Дослідженнями В. В. Моргуна та С. Я. Коця [127, 128] доведено, що обґрунтоване застосування бактеріальних препаратів на основі рістрегулюючих речовин, як елементів екологічного землеробства технології вирощування різних сільськогосподарських культур, дозволяє істотно знизити

хімічне навантаження на екосистеми, внаслідок зменшення застосування хімічних засобів захисту рослин, що призводить до підвищення врожайності і покращення якості екологічно чистої продукції. Згідно з даними В. П. Дерев'янського [129], обробка насіння бактеріальними препаратами сприяє збільшенню утворення бульбочок до 30–38 шт./рослину в базальній частині кореня рослин сої проти 8–9 шт./рослину без інокуляції. В. Ф. Камінський [130] встановив, що при застосуванні інокуляції маса бульбочок збільшується в середньому на 0,15–0,35 г/рослину проти контрольного варіанту досліду, де вона складала 0,67 г/рослину.

За передпосівної інокуляції насіння бактеріальними штамми *Bradyrhizobium japonicum* М8 та 634Б позитивний вплив на вірулентність бульбочкових бактерій у ризосфері сої відмічали О. О. Алексєєв та В. П. Патица [131]

На формування та функціонування симбіотичних систем бобових культур впливають і регулятори росту рослин [132–136]. Однак найефективнішим за впливом на мікробіоту є обробка перед посівом РРР насіння. Саме в момент проростання насіння мікроорганізми мають високу пластичність і чутливість до факторів навколишнього середовища [137, 138].

Механізм стимуляційного процесу азотфіксації регуляторами росту рослин пов'язаний з багатьма чинниками: розвитком потужної кореневої системи, посиленням процесу фотосинтезу і, як наслідок, інтенсивним відтоком фотоасимілянтів у кореневу зону, які є одним із джерел живлення агрномічно-цінних мікроорганізмів [139]. Максимальний ефект стимулювальної дії комплексного застосування біопрепаратів відмічається у зернових культур у фази колосіння та молочної стиглості, де перевищення контрольних варіантів складало 39–42 % у рослин пшениці і 13–22 % – ячменю. Рістстимулювання супроводжувалося активізацією діяльності ризосферної азотфіксувальної мікробіоти [140].

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. Представлені результати досліджень свідчать про чутливість бобово-ризобіального симбіозу до дії регуляторів росту і підтверджують ефективність їх застосування на посівах бобових культур. РРР активізують мікробіологічні процеси в зоні кореневої системи рослин і за впливом на показники азотфіксації навіть можуть прирівнюватись до мікробних препаратів [141, 142].

У науковій літературі зустрічаються повідомлення про підсилення активності процесу симбіотичної азотфіксації за сумісного застосування передпосівної бактеризації і регуляторів росту рослин [143, 144]. У той же час, існують застереження проти поєднання МП з РРР, пов'язані з тим, що обидва види препаратів містять фізіологічно активні речовини, дія яких на продукційний процес культурних рослин при передозуванні може мати негативні наслідки [4].

Г. О. Іутинська [37] повідомляє, що інокуляція насіння сої штамом бактерій *Bradyrhizobium japonicum* 71Т сприяє підвищенню азотфіксувальної активності у 4,5 рази. При цьому використання регулятора росту рослин Емістим С на фоні інокуляції насіння підсилює органогенез бульбочок, а завдяки дії РРР Еней, маса бульбочок збільшувалася у 2,7 рази, азотфіксувальна активність – у 1,5 рази порівняно із інокульованим контролем.

В інтенсивній технології вирощування сої обов'язковим заходом є застосування гербіцидів, які представлені високоактивними сполуками і мають фізіологічну дію як на процеси метаболізму рослин, так і на бульбочкові бактерії, що в підсумку відображається на процесах формування і функціонування азотфіксувального апарату [145–150]. Під впливом гербіцидів Зенкору, Трефлану, Дуал Голду та суміші Зенкор + Трефлан активність бульбочок сої істотно пригнічується. Лише за внесення суміші Зенкор + Дуал Голд кількість бульбочок та їх активність не змінювалася [151].

Інші дослідники вказують, що застосування пестицидів знижує ефективність симбіозу сої з бульбочковими бактеріями. Гербіциди на основі ацетохлору сильно інгібують утворення бульбочок сої і знижують ефект нітрагінізації [152]. Застосування ґрунтових гербіцидів Гезагард, Примекстра Голд, Пірат та Селамід у посівах сої затримує формування азотфіксувального симбіозу [146]. Проте, С. І. Сорокіною [153] встановлено, що гальмування утворення симбіотичного апарату та пригнічення азотфіксувальної активності за дії гербіцидів Метрибузину, Трифлураліну, Метолахлору, Імазетапіру, Імазамоксу, Тифенсульфурон-метилу, Бентазону не пов'язано з їх прямим впливом на бульбочкові бактерії *Bradyrhizobium japonicum*, а опосередковано – впливом гербіцидів на рослини сої.

Проте ряд дослідників спостерігали обернену залежність від застосування гербіцидів. Так, Р. А. Гутянський [154] довів, що найкраще розвивався симбіотичний апарат сої за внесення Бентазону в нормі 1,2 кг/га, суміші Бентазону (0,6 кг/га) з Тринсульфурон-метилом (0,0026 кг/га) і суміші Бентазону з Трифенсульфурон-метилом і Флуазифоп-П-бутилом. Дослідженнями Г. А. Діденко [155] встановлено, що за використання Півоту у нормах 0,50; 0,75 і 1,0 л/га симбіотичні взаємовідносини в бобово-ризобільній системі активізувалися.

На жаль, у науковій літературі майже відсутні відомості щодо впливу сумісного застосування МП, РРР та гербіцидів у посівах сої на функціонування симбіотичної азотфіксувальної системи *Glycine max* (L.) Merr. – *Bradyrhizobium japonicum*.

Погляди на взаємовідносини рослин і мікроорганізмів зводяться зазвичай до встановлення між ними трофічних зав'язків, проте дослідження останніх років показали, що ці зв'язки значно складніші, більш багатогранні, ніж було відомо раніше, і що вони великою мірою визначають розвиток і функціонування рослинного організму [156].

За інокуляції високоактивними штамми бульбочкових бактерій у рослин сої відмічаються значні коливання в інтенсивності формування і

функціонування асиміляційної поверхні посівів, продуктивності фотосинтезу і з рештою – урожайності рослин [130].

Сучасні пестициди та агрохімікати посилюють проходження в рослинах фізіологічних процесів, підвищують їхню стійкість до несприятливих погодних умов, сприяють додатковому використанню закладеного в них потенціалу продуктивності та поліпшенню якості вирощеної продукції [157].

У сучасних агротехнологіях одним із найважливіших прийомів підвищення врожайності сільськогосподарських культур є покращення посівних якостей насіння, шляхом застосування передпосівної обробки [158]. За даними Т. Ф. Трофимової [159], інокуляція насіння сої біологічними препаратами забезпечує зростання врожайності у порівнянні із контролем на 8–30 %. Найвища врожайність сої відмічалась за дії Ризоторфіну – 23,3 ц/га, Азотобактерину – 21,3 ц/га, Агропону-С – 20,9 ц/га і Альбіту – 19,3 ц/га. При цьому вміст у зерні білків збільшувався на 7,8 %, рівень рентабельності виробництва за використання Ризоторфіну складав 81 %.

За використання у посівах тритикале МП Альбобактерин формувалась потужна коренева система, в листках нагромаджувалась більша кількість органічних речовин і з одночасним покращенням продукційного процесу [160]. Рослини в оточенні повноцінного комплексу мікроорганізмів одержують більш повне живлення і, як наслідок, у повноцінній мірі реалізували свій генетичний потенціал щодо врожайності [161, 162]. Ю. О. Чернецький [163] стверджує, що вміст хлорофілу *a* в листках пшениці озимої значно підвищується за використання Хемотоніка – на 42,8–68 %, а у варіантах *B. subtilis* – на 21,9–40 %. За даними О. М. Григор'євої [164], передпосівна бактеризація насіння сої біологічним препаратом Ризогумін (200 г на гектарну норму насіння) за посходового внесення регулятора росту рослин Біолан (20 мл/га) дозволяє отримати приріст урожайності зерна на рівні 0,29 т/га, або 13,1 %.

Передпосівна обробка насіння біопрепаратами також позитивно впливає і на якісні показники врожаю, зокрема на масу тисячі насінин [165, 166].

Встановлено [167], що за використання в посівах ячменю ярого МП Агат-25 К сумісно з Лінтуром покращуються фізичні показники зерна, а саме: крупність зростає до 89 %, маса 1000 насінин – з 44,8 г до 48,9 г, натура – до 658,1 г/л при 635,2 г/л у контролі.

Встановлено, що застосування гербіцидів сприяє підвищенню інтенсивності процесу фотосинтезу та інтенсивності накопичення органічної речовини в листках пшениці озимої. При цьому гербіциди не зменшують продуктивність рослин і вмісту в листковому апараті фотосинтетичних пігментів [34]. Однак дія на фізіологічний стан рослин залежить від концентрації гербіцидів. Так, застосування гербіцидів в оптимальній концентрації призводить до збільшення приросту біомаси [168] – водночас високі концентрації зумовлюють пригнічення ростових процесів [169].

Дослідженнями В. М. Жеребка та співавторів [170] доведено, що за використання гербіцидів Півот + Арамо + ПАР Тенд (0,75 + 1,0 + 0,2 л/га) середня врожайність сої зростає на 10,2 ц/га; Базагран + Селект (2,5 + 0,6 л/га) – на 10,0 ц/га. Як стверджує О. Д. Круглова [171], сумісне застосування Півоту та Гезагарду з передпосівною інокуляцією поліпшує перебіг біохімічних та фізіологічних процесів у рослинах сої.

Відомо, що у рослинних організмах вміст хлорофілу є чутливим індикатором інтенсивності фотосинтезу та одним з найважливіших показників, яким обумовлюється урожайність та її якість [172]. Залежно від виду препарату та норм внесення, вміст хлорофілу в лисках більшості сільськогосподарських культур зростає [173–176], проте підвищені норми внесення можуть зумовити його зниження [177–179].

Неоднозначною є дія на фізіолого-біохімічні процеси в рослинах регуляторів росту рослин. Так, встановлено [180], що за використання РРР Емістим С та АКМ суттєво активізується наростання вегетативної маси: площа листової поверхні у дослідних варіантах збільшувалась у 1,2-1,4 рази порівняно з контролем, що відбувалося за рахунок збільшення кількості листків на рослинах.

Регулятори росту рослин є реальним досягненням світового рівня у галузі наноекобіотехнологій [181]. Вони активізують основні процеси життєдіяльності рослин – мембранну проникність, пришвидшують передачу інформації, ділення клітин, фотосинтез, процеси дихання і поживного режиму. Сумісне застосування гербіцидів і PPP сприяє зростанню кількості зелених пігментів у посівах різних сільськогосподарських культур. Так, Л. В. Розборська [182] констатує збільшення вмісту хлорофілу у листках пшениці озимої до 37 % проти контролю за сумісної дії PPP Емістим С у нормі 5 мл/га з гербіцидом Естерон, внесеним у нормах 0,8; 1,0; 1,2 л/га.

Багаторічними дослідженнями кафедри біології Уманського національного університету садівництва з вивчення впливу регуляторів росту рослин при внесенні як окремо, так і сумісно з гербіцидами на фізіолого-біохімічні процеси і продуктивність різних сільськогосподарських культур, у тому числі й сої, доведено, що регулятори росту рослин Біолан, Емістим С, Агростимулін – сприяють наростанню листової поверхні [183], активізації росту рослин у висоту [184], формуванню оптимальної анатомічної структури [185], особливо судинно-волокнистих пучків стебла [186], що призводить до утворення потужної асиміляційної поверхні, а звідси й до високих врожаїв [92].

Дослідженнями В. П. Карпенка та Р. М. Притуляка [187] доведено, що за внесення Калібру 75 в нормі 40 г/га сумісно з Агат-25К і Агростимуліном у листках ячменю ярого збільшується вміст хлорофілів. Даний варіант забезпечив найвищу прибавку зерна, що складало у відношенні до контролю 8,3 ц/га. При застосуванні тієї ж композиції препаратів формувалася оптимальний за площею листовий апарат (150,3 і 148,4 см²), який забезпечував найвищу фотосинтетичну продуктивність посівів – відповідно 5,8 і 5,7 при 4,3 г/м² за добу в контролі [188]. Також дослідниками встановлено, що за використання пестицидів з Емістином С збір зерна пшениці, ячменю та гороху зростав на 3,0; 3,5 і 4,0 ц/га відповідно у порівнянні з однобічною дією захисних препаратів. Такі композиції сприяють посиленню обмінних процесів

на рівні клітини, активізують енергію обміну рослин через експресію геному, а звідси – сприяють підвищенню ККД добрив і пестицидів, завдяки чому зменшуються норми їх внесення [189]. Рядом дослідників встановлено, що застосування гербіцидів як окремо, так і сумісно з РРР [190–195] і мікробними препаратами [196] сприяє формуванню добре розвиненого фотосинтетичного апарату, оптимального за об'ємом, динамікою та інтенсивністю функціонування.

На жаль, у літературі майже відсутні дані щодо інтегрованого застосування МП, РРР та гербіцидів, що значно стримує розробку екологічно обґрунтованих технологій вирощування сої й інших сільськогосподарських культур.

Аналізуючи літературні джерела, можна відмітити, що сучасні МП, РРР та гербіциди впливають на проходження основних мікробних процесів у ґрунті та фізіологічних – у рослинах, проявляючи себе як імуностимулятори та антистресори [197–199]. Проте у науковій літературі недостатньо розкрито питання сумісної дії МП, РРР та гербіцидів на функціонування симбіотичної азотфіксувальної системи *Glycine max* (L.) Merr. – *Bradyrhizobium japonicum*, їх вплив на перебіг біологічної фіксації атмосферного азоту; розвиток і функціонування різних фізіологічних груп ризосферної мікробіоти; перебіг основних біохімічних процесів у ґрунті. Мало вивченим також залишається питання впливу інтегрованого застосування МП, РРР та гербіцидів на проходження основних фізіолого-біохімічних процесів у рослинах, а звідси – й на формування продуктивності посівів сільськогосподарських культур. Тому, зважаючи на вищенаведений літературний матеріал, можна констатувати, що вирішення завдання біологічного обґрунтування функціонування симбіотичної азотфіксувальної системи *Glycine max* (L.) Merr. – *Bradyrhizobium japonicum* за комплексної дії МП, РРР і гербіциду у посівах сої дозволить розробити науково обґрунтовані, екологічно безпечні та економічно вигідні рекомендації із застосування препаратів у виробництві, результатом яких стане забезпечення населення високоякісною продукцією.

**2. ФУНКЦІОНУВАННЯ СИМБІОТИЧНОГО АПАРАТУ
GLYCINE MAX (L.) MERR. – *BRADYRHIZOBIUM JAPONICUM* ТА
ОСНОВНИХ МІКРОБНИХ УГРУПОВАНЬ РИЗОСФЕРИ СОЇ ЗА
ДІЇ ГЕРБІЦИДУ ФАБІАН, РЕГУЛЯТОРА РОСТУ РОСЛИН
РЕГОПЛАНТ ТА МІКРОБНОГО ПРЕПАРАТУ РИЗОБОФІТ**

На природний потенціал родючості ґрунту суттєвий вплив має якісний та кількісний склад його мікробіоти. Ґрунтові мікроорганізми виконують низку корисних для рослин функцій: фіксація атмосферного азоту [200], індукція системної стійкості рослин до фітопатогенів [201], деструкція у ґрунті різних ксенобіотиків та ін. Дослідження в галузі класичної ґрунтової мікробіології показали, що чисельність, біомаса й таксономічна структура мікробного комплексу ґрунту залежать від різних чинників [202], в тому числі й від застосовуваних пестицидів [203]. Однак хоча рослинно-мікробна взаємодія є нині потужним чинником підвищення продуктивності агроценозів [204], в сільськогосподарській практиці вона використовується ще недостатньо. Тому назріло питання широкомасштабної біологізації агротехнологій вирощування сільськогосподарських культур, чого не можна досягти без всебічного вивчення інтегрованого застосування препаратів у напрямку їх дії на мікробіоту, рослини, формування продуктивності і якості врожаю.

2.1. Симбіотичний апарат *Glycine max* (L.) Merr. – *Bradyrhizobium japonicum*

Посилення уваги до культури сої і збільшення площ її посівів в Україні є позитивною тенденцією для рослинницької галузі, оскільки завдяки даній культурі зв'язується атмосферний азот, у ґрунт надходить значна кількість рослинних залишків, при цьому покращуються його хімічні і фізичні показники [205].

Доведено, що хімічний метод боротьби з небажаною сегетальною рослинністю, за рахунок застосування гербіцидів, пригнічує розвиток бульбочок на коренях сої [206], внаслідок чого знижується здатність бульбочкових бактерій засвоювати атмосферний азот. У той же час, дослідженнями Р. А. Гутянського [207] встановлено, що застосування

гербициду Фабіан не пригнічувало розвиток бульбочок на коренях сої, а навпаки – провокувало їх розвиток і функціонування.

Перспективним і єдиновірним рішенням щодо поліпшення стану сільського господарства є його біологізація. Але препарати, створені на основі природних компонентів, у сільськогосподарській практиці використовуються не належним чином [208]. Незважаючи на велику кількість наукових робіт, присвячених аналізу механізмів фіксації молекулярного азоту і його асиміляції бобовими рослинами за дії біологічних і хімічних речовин, дане питання не можна вважати достатньо вивченим.

У зв'язку з цим, важливим було дослідити вплив МП, РРР та гербициду на формування симбіотичного апарату *Glycine max* (L.) Merr. – *Bradyrhizobium japonicum* в онтогенезі сої та виявити лімітуючі чинники, що обмежують інтенсивність процесів азотфіксації рослин.

Показником ефективної взаємодії рослини і ризобій є кількість і маса активних бульбочок на коренях бобових [209] – вона характеризує здатність бобово-ризобіальних систем до інтенсивної фіксації атмосферного азоту.

Облік зміни кількості активних бульбочок та їх маси під впливом МП Ризобофіт, РРР Регоплант та гербициду Фабіан засвідчив залежність формування симбіотичного апарату сої *Glycine max* (L.) Merr. – *Bradyrhizobium japonicum* від норм і способів застосування досліджуваних препаратів та погодних умов. Зокрема найбільша кількість бульбочок на коренях сої з одночасним зростанням їх маси формувалась у 2014 році, що узгоджується з даними високої вологозабезпеченості рослин. Так, у фазу бутонізації (табл. 2.1) сої кількість спонтанних бульбочок на кореневій системі рослин у контролі I (без застосування препаратів) складала 13 шт./рослину, їх маса – 0,24 г, тоді як у варіанті з проведенням упродовж всієї вегетації ручних прополювань (контроль II) – 19 шт./рослину, маса – 0,28 г.

Таблиця 2.1

Вплив комбінованого застосування біопрепаратів та гербициду на формування нодуляційного апарату сої (фаза бутонізації)

Варіант досліджу	2013 р.	2014 р.	2015 р.	Середнє за три роки
Без застосування препаратів (контроль I)	15/0,23	13/0,24	10/0,19	13/0,22*
Ручні прополювання упродовж вегетаційного періоду (контроль II)	16/0,26	19/0,28	13/0,21	16/0,25
Регоплант 50 мл/га	18/0,39	22/0,51	16/0,24	19/0,38
Фабіан 90 г/га	13/0,34	14/0,47	9/0,21	12/0,34
Фабіан 100 г/га	10/0,33	11/0,46	10/0,20	10/0,33
Фабіан 110 г/га	9/0,31	10/0,42	8/0,19	9,0/0,31
Фабіан 90 г/га + Регоплант 50 мл/га	21/0,27	20/0,60	13/0,26	18/0,37
Фабіан 100 г/га + Регоплант 50 мл/га	15/0,26	18/0,58	12/0,24	15/0,36
Фабіан 110 г/га + Регоплант 50 мл/га	13/0,23	14/0,56	12/0,27	13/0,35
Ризобофіт 100 мл + Регоплант 250 мл/т (фон)	26/0,40	28/0,62	22/0,33	25/0,45
Фон + Регоплант 50 мл/га	30/0,50	32/0,65	26/0,35	29/0,50
Фон + Фабіан 90 г/га	23/0,41	24/0,54	22/0,29	23/0,41
Фон + Фабіан 100 г/га	18/0,39	23/0,53	16/0,27	19/0,40
Фон + Фабіан 110 г/га	16/0,38	22/0,52	14/0,26	17/0,39
Фон + Фабіан 90 г/га + Регоплант 50 мл/га	27/0,42	31/0,59	23/0,32	27/0,44
Фон + Фабіан 100 г/га + Регоплант 50 мл/га	24/0,41	26/0,57	22/0,28	24/0,42
Фон + Фабіан 110 г/га + Регоплант 50 мл/га	21/0,40	22/0,55	18/0,26	20/0,40
<i>НІР₀₅</i>	<i>5/0,10</i>	<i>2/0,11</i>	<i>3/0,12</i>	—

Примітка: * над рискою – кількість бульбочок, шт./рослину; під рискою – маса бульбочок, г
Разом з тим обприскування посівів РРР Регоплант забезпечило зростання кількості бульбочок на кореневій системі до 22 шт./рослину, що на 9 шт./рослину перевищувало контроль I.

За внесення у посівах сої гербіциду Фабіан кількість бульбочок на коренях сої із наростанням норм препарату до 110 г/га у порівнянні з контролем I зменшувалась, проте їх маса збільшувалась і перевищувала його показники на 0,23; 0,22 і 0,18 г. За сумісного внесення в посівах сої різних норм гербіциду Фабіан із РРР Регоплант 50 мл/га кількість бульбочок на кореневій

системі рослин зростала у порівнянні до контролю I на 7,0–1,0 шт./рослину, а їх маса – на 0,36–0,32 г. У 2013 та 2015 роках простежувалась подібна тенденція до розвитку бульбочок, проте їх кількість і маса були меншими, що узгоджується з низьким рівнем опадів та високими температурами упродовж вегетації.

Одержані експериментальні дані у варіантах з передпосівною обробкою насіння МП Ризобофіт 100 мл у суміші з РРР Регоплант 250 мл/т засвідчили більш відчутне зростання кількості бульбочок на коренях сої у 2013–2014 роках, у порівнянні з контролем I – на 11 та 15 шт./рослину, а їх маси – на 0,17 і 0,38 г відповідно. У 2015 році кількість бульбочок зростала за кількістю на 12 шт./рослину, тоді як за масою лише на 0,14 г проти контролю I.

Застосування на фоні передпосівної обробки насіння сої Ризобофітом 100 мл і Регоплантом 250 мл/т гербіциду Фабіан у нормах 90–110 г/га забезпечило більш відчутне зростання кількості і маси бульбочок. Найактивніше наростання бульбочок простежувалось у 2014 році, де їх кількість перевищувала контроль I на 18,0–9,0 шт./рослину, а маса – на 0,35–0,31 г за НІР₀₅ 2 шт./рослину та 0,11 г відповідно. Очевидно, що застосування для передпосівної обробки насіння РРР сприяє більш активному наростанню кореневої системи рослин, яка створює додаткову площу для колонізації її інтродукованими мікроорганізмами. У цілому це сприяє стимулюванню ростових процесів рослин сої, завдяки яким на кореневій системі формується більша кількість бульбочок.

Подальші наші дослідження засвідчили залежність формування симбіотичного апарату сої не тільки від норм та способів застосування препаратів, але й від фази розвитку рослин (табл. 2.2).

Таблиця 2.2

Вплив комбінованого застосування біопрепаратів та гербіциду на формування нодуляційного апарату сої (фаза початок цвітіння)

Варіант досліджу	2013 р.	2014 р.	2015 р.	Середнє за три роки

Без застосування препаратів (контроль I)	19/0,65	20/0,61	17/0,43	18/0,56*
Ручні прополювання упродовж вегетаційного періоду (контроль II)	29/0,83	31/0,92	27/0,59	29/0,78
Регоплант 50 мл/га	32/0,70	36/1,30	28/0,65	32/0,88
Фабіан 90 г/га	24/0,82	26/0,96	19/0,60	23/0,79
Фабіан 100 г/га	20/0,80	23/0,95	18/0,54	20/0,76
Фабіан 110 г/га	19/0,78	22/0,93	17/0,51	19/0,74
Фабіан 90 г/га + Регоплант 50 мл/га	23/0,85	34/1,05	21/0,67	26/0,85
Фабіан 100 г/га + Регоплант 50 мл/га	22/0,85	32/1,00	18/0,62	24/0,82
Фабіан 110 г/га + Регоплант 50 мл/га	20/0,79	31/0,99	17/0,60	22/0,80
Ризобофіт 100 мл + Регоплант 250 мл/т (фон)	36/0,96	47/1,31	25/0,71	36/0,93
Фон + Регоплант 50 мл/га	40/1,30	49/1,28	30/0,62	39/1,04
Фон + Фабіан 90 г/га	29/0,88	43/0,95	27/0,85	33/0,89
Фон + Фабіан 100 г/га	25/0,81	39/0,90	26/0,82	30/0,84
Фон + Фабіан 110 г/га	25/0,79	36/0,89	23/0,73	28/0,81
Фон + Фабіан 90 г/га + Регоплант 50 мл/га	33/0,86	44/1,20	29/0,79	35/0,95
Фон + Фабіан 100 г/га + Регоплант 50 мл/га	30/0,90	43/1,11	27/0,70	34/0,91
Фон + Фабіан 110 г/га + Регоплант 50 мл/га	28/0,89	38/1,11	25/0,69	31/0,90
<i>НІР₀₅</i>	<i>2/0,16</i>	<i>9/0,20</i>	<i>4/0,18</i>	

Примітка: * над рисою – кількість бульбочок, шт./рослину; під рисою – маса бульбочок, г. Адже, доведено [210], що активність азотфіксації має чітко виражену сезонну динаміку: збільшується з появою проростків, досягає максимуму в період цвітіння і зменшується у період повного дозрівання врожаю. Так, якщо у середньому за роки досліджень, у фазу бутонізації кількість спонтанних бульбочок на коренях сої складала 13 шт./рослину, а їх маса – 0,22 г, то у фазі початок цвітіння і завершення цвітіння-початок утворення бобів – 18 і 30 шт./рослину, масою 0,56 і 1,6 г відповідно.

За внесення у посівах сої гербіциду Фабіан у нормах 90–110 г/га в середньому за роки досліджень, кількість бульбочок на коренях рослин у фазу початок цвітіння перевищувала контроль I на 5,0–1,0 шт./рослину, а їх маса –

на 0,23–0,18 г (рис. 1). Посходове внесення підвищеної норми гербіциду негативно впливало на розвиток бульбочок на коренях сої, так кількість бульбочок за внесення Фабіану 90–110 г/га зросла на 1; 2 та 0 шт./рослину, тоді як маса на 0,13; 0,32 і 0,09 г відповідно до років досліджень. У 2014–2015 роках простежувалась подібна тенденція до розвитку бобово-ризобіальної системи *Glycine max* (L.) Merr. – *Bradyrhizobium japonicum*. Найбільш сприятливі погодні умови для розвитку бульбочок склались у 2014 році, де найвища їх кількість сформувалась у варіанті інтегрованого застосування гербіциду Фабіан 90 г/га з РРР Регоплант 50 мл/га на фоні передпосівної обробки насіння сумішшю біологічних препаратів МП Ризобофіт 100 мл з Регоплантом 250 мл/т на рівні 44 шт./рослину з масою 1,2 г при 20 шт./рослину та масою 0,61 г – у контрольному варіанті (І).

Найактивніше формування симбіотичного апарату сої *Glycine max* (L.) Merr. – *Bradyrhizobium japonicum* в середньому за роки досліджень у фазу початок цвітіння рослин було відмічено за використання суміші гербіциду Фабіан у нормі 90 г/га з РРР Регоплант 50 мл/га по фоні обробки перед сівбою насіння сої сумішшю Ризобофіту 100 мл й Регопланту 250 мл/т. Таке поєднання препаратів забезпечило збільшення числа бульбочок на кореневій системі сої у відношенні контролю І на 17шт./рослину, а їх маси – на 0,39 г відповідно.



Рис. 2.1. Розвиток активних бульбочок на кореневій системі рослин сої (фаза початок цвітіння):

1. Без застосування препаратів (контроль I);
2. Фабіан 90 г/га + Регоплант 50 мл/га;
3. Ризобофіт 100 мл + Регоплант 250 мл/т (фон);
4. Фон + Фабіан 90 г/га + Регоплант 50 мл/га.

У фазу завершення цвітіння–початок утворення бобів (табл. 2.3) простежувалась подібна до попередніх спостережень закономірність.

Таблиця 2.3

Вплив комбінованого застосування біопрепаратів та гербіциду на формування нодуляційного апарату сої (фаза завершення цвітіння – початок утворення бобів)

Варіант досліджу	2013 р.	2014 р.	2015 р.	Середнє за три роки
Без застосування препаратів (контроль I)	34/1,30	35/1,80	22/1,90	30/1,67*
Ручні прополювання упродовж вегетаційного періоду (контроль II)	37/1,35	38/2,10	25/2,02	33/1,82
Регоплант 50 мл/га	43/1,63	45/2,25	37/1,99	42/1,95
Фабіан 90 г/га	35/1,49	39/2,02	28/1,89	34/1,80
Фабіан 100 г/га	35/1,42	37/1,99	26/1,79	32/1,73
Фабіан 110 г/га	34/1,41	35/1,96	23/1,74	30/1,70
Фабіан 90 г/га + Регоплант 50 мл/га	48/1,10	40/2,20	23/2,40	37/1,90
Фабіан 100 г/га + Регоплант 50 мл/га	47/1,52	40/2,18	22/1,86	36/1,85
Фабіан 110 г/га + Регоплант 50 мл/га	44/1,47	38/2,17	21/1,80	34/1,81
Ризобофіт 100 мл + Регоплант 250 мл/т (фон)	54/2,18	57/2,49	41/2,24	51/2,30
Фон + Регоплант 50 мл/га	57/2,30	59/2,50	47/2,40	54/2,40
Фон + Фабіан 90 г/га	49/1,88	42/2,18	28/1,90	39/1,99
Фон + Фабіан 100 г/га	50/1,84	40/2,15	25/1,79	37/1,93
Фон + Фабіан 110 г/га	46/1,82	38/2,11	22/1,77	35/1,90
Фон + Фабіан 90 г/га + Регоплант 50 мл/га	51/1,90	54/2,70	27/2,10	44/2,23
Фон + Фабіан 100 г/га + Регоплант 50 мл/га	48/1,86	52/2,58	25/2,18	41/2,20
Фон + Фабіан 110 г/га + Регоплант 50 мл/га	46/1,80	48/2,47	25/2,09	39/2,12
<i>НІР₀₅</i>	<i>5/0,14</i>	<i>3/0,11</i>	<i>7/0,16</i>	

Примітка: * над рисою – кількість бульбочок, шт./рослину; під рисою – маса бульбочок, г

Посходове внесення Регопланту 50 мл/га забезпечило зростання кількості бульбочок до 9; 10 і 15 шт./рослину, маси – на 0,33; 0,45 та 0,09 г

відповідно до років досліджень. Кількість і маса бульбочок за внесення гербіциду Фабіан 90–100 г/га була вищою за показники контрольного варіанту (І), проте із наростанням норми до 110 г/га вона зменшувалась. Так, у роки досліджень за внесення гербіциду кількість становила 35–34; 39–35 і 28–23 шт./рослину з масою 1,49–1,41; 2,02–1,96 та 1,89–1,74 г відповідно. Внесення суміші Фабіану 90–110 г/га з РРР Регоплант 50 мл/га сприяло зростанню кількості бульбочок на кореневій системі сої на 14–10; 5–3 та 1–0 шт./рослину з одночасним зростанням їх маси на 0,20–0,17; 0,40–0,37 і 0,50–0,10 г при НІР₀₅ 5, 3 і 7 шт./рослину – по кількості та 0,14; 0,11 і 0,16 г – по масі відповідно до років досліджень.

Передпосівна обробка насіння МП Ризобофіт 100 мл з РРР Регоплант 250 мл/т сприяла істотному збільшенню кількості бульбочок на 20; 22 і 19 шт./рослину на коренях сої з одночасним зростанням їх маси на 0,88; 0,69 і 0,34 г відповідно до років проведення досліджень. Найкращі результати формування симбіотичного апарату сої *Glycine max* (L.) Merr. – *Bradyrhizobium japonicum* було відмічено у фазу завершення цвітіння–початок утворення бобів на фоні передпосівної обробки насіння сумішшю Ризобофіту 100 мл з Регоплантом 250 мл/т із застосуванням Фабіану 90 г/га з РРР Регоплант 50 мл/га, де число бульбочок на коренях сої у відношенні контролю І за роками зростало на 17, 19 та 5 шт./рослину, а їх маса – на 0,60; 0,90 і 0,20 г.

Таким чином, з наведеного експериментального матеріалу можна зробити висновок, що на формування нодуляційного апарату сої *Glycine max* (L.) Merr. – *Bradyrhizobium japonicum* МП Ризобофіт, РРР Регоплант та гербіцид Фабіан, справляли значний вплив. Проте найактивніше формування симбіотичного азотфіксувального апарату сої *Glycine max* (L.) Merr. – *Bradyrhizobium japonicum* простежувалось за обробки насіння перед сівбою сумішшю препаратів Ризобофіт 100 мл з Регоплантом 250 мл/т, з наступною обробкою посівів гербіцидом Фабіан у нормі 90 г/га у суміші з Регоплантом 50 мл/га на фоні Ризобофіт 100 мл + Регоплант 250 мл/т, де формування

нодуляційного апарату сої в усі фази розвитку рослин перевищувало контроль І в середньому на 83 % за кількістю і 65 % – за масою.

2.2. Розвиток бактерій *Bradyrhizobium japonicum* у бульбочках сої

Утворення рослиною-живителем спеціалізованих структур, що містять мікробні клітини, є характерною ознакою мутуалістичного симбіозу. Ці органи є екологічною нішею, структурною основою для обміну метаболітами, а також для контролю чисельності і фізіологічної активності симбіонта. Ці функції характерні для бульбочок бобових [211].

Бульбочки є високоспецифічною нішею лише для бульбочкових бактерій, інші види мікроорганізмів проникають в них дуже рідко [212]. У бульбочках створюються оптимальні умови для обміну між партнерами вуглецевими і азотними сполуками, а також мікроаерофільні умови, необхідні для функціонування нітрогенази. Завдяки локалізації бактерій в бульбочках їх чисельність і активність легко регулюються залежно від зовнішніх умов (освітлення, вологість, наявність зв'язаного азоту). За несприятливих умов рослина може втрачати бульбочки [213]. Проте бульбочки слугують бактеріям захистом від дії зовнішніх несприятливих чинників та забезпечують їх поживними речовинами у вигляді рослинних фотоасимілятів [214, 215]. Бульбочки сої детерміновані – вони не мають постійної меристеми і зберігають сферичну форму. В результаті інокуляції біомаса бульбочкової тканини збільшується з більшою вірогідністю активно фіксувати азот повітря. [213].

Зважаючи на вищенаведене, метою наших досліджень було встановити вплив МП, РРР та гербіциду на розвиток та активність бактерій у тканинах бульбочок.

У результаті проведених досліджень встановлено, що використання для передпосівної обробки насіння МП Ризобофит, РРР Регоплант як окремо, так і

в суміші з різними нормами гербіциду Фабіан, по-різному впливало на чисельність бульбочкових азотфіксувальних бактерій (табл. 2.4).

Таблиця 2.4

Чисельність азотфіксувальних бактерій у бульбочках сої за використання МП Ризобофіт, РРР Регоплант і гербіциду Фабіан (фаза бутонізації)

Варіант досліджу	Чисельність, 10 ³ КУО/г тканини бульбочок			Середнє за три роки
	2013 р.	2014 р.	2015 р.	
Без застосування препаратів (контроль I)	1010	1120	950	1027
Ручні прополювання упродовж вегетаційного періоду (контроль II)	1089	1200	1005	1098
Регоплант 50 мл/га	1307	1401	1236	1315
Фабіан 90 г/га	1241	1352	1194	1262
Фабіан 100 г/га	1171	1317	1120	1203
Фабіан 110 г/га	1161	1240	1053	1151
Фабіан 90 г/га + Регоплант 50 мл/га	1439	1608	1447	1498
Фабіан 100 г/га + Регоплант 50 мл/га	1407	1522	1390	1440
Фабіан 110 г/га + Регоплант 50 мл/га	1388	1496	1345	1410
Ризобофіт 100 мл + Регоплант 250 мл/т (фон)	1427	1500	1318	1415
Фон + Регоплант 50 мл/га	1472	1565	1381	1473
Фон + Фабіан 90 г/га	1400	1498	1307	1402
Фон + Фабіан 100 г/га	1445	1339	1260	1348
Фон + Фабіан 110 г/га	1362	1450	1246	1353
Фон + Фабіан 90 г/га + Регоплант 50 мл/га	1620	1698	1515	1611
Фон + Фабіан 100 г/га + Регоплант 50 мл/га	1601	1647	1455	1568
Фон + Фабіан 110 г/га + Регоплант 50 мл/га	1546	1600	1408	1518
<i>НІР₀₅</i>	68	97	83	–

Так, у 2013 році у фазу бутонізації проведення ручних прополювань посівів сприяло зростанню чисельності азотфіксувальних бактерій у бульбочках сої на 8 %, тоді як за внесення РРР Регоплант 50 мл/га їх кількість зростала на 29 % проти контролю I. Із наростанням норми гербіциду Фабіан

чисельність у бульбочках бактерій *Bradyrhizobium japonicum* знижувалась, проте була більшою відносно контролю I на 23, 16 та 15 % (відповідно до норм внесення).

Сумісне застосування гербіциду Фабіан у нормах 90–110 г/га з РРР Регоплант 50 мл/га сприяло зростанню кількості бульбочкових бактерій на 43–37 %. У 2014 та 2015 роках простежувалась подібна тенденція до розвитку азотфіксувальних бактерій у цих варіантах досліду. Проте їх кількість у 2014 році була вищою за більшого відсоткового зростання проти контролю у 2015 році.

За даними літератури, бобова рослина, яка перебуває в симбіозі з бульбочковими бактеріями, менш стійка до негативного впливу гербіцидів порівняно з неінокульованою [216]. Нашими дослідженнями, проведеними у 2013 році, встановлено, що за передпосівної обробки МП Ризобофит 100 мл з РРР Регоплант 250 мл/т кількість бактерій у бульбочках сої зростала на 41 %, тоді як за посходового внесення РРР Регоплант – на 46 % проти контрольного варіанту (I). Внесення гербіциду Фабіан у нормах 90–110 г/га по фоні МП з РРР забезпечувало зростання чисельності бактерій проти контролю I на 39–35 %, 34–29 % та 38–31 % відповідно до норм гербіциду і років досліджень.

Сумісне застосування передпосівної обробки насіння МП Ризобофит 100 мл з РРР Регоплант 50 мл/т з наступним посходовим внесенням суміші гербіциду Фабіан 90–110 г/га з РРР Регоплант 50 мл/га сприяло найактивнішому розвитку бактерій у бульбочках сої у всі роки досліджень, проте, у 2013 році їх чисельність була більшою і перевищувала контроль I на 60–53 %. Менша кількість азотфіксувальних бактерій у цьому варіанті досліду відмічалась у 2014 році, хоча зростання їх чисельності проти контролю I складало 51–42 %.

У фазу початок цвітіння чисельність бактерій у бульбочках сої була значно вищою у порівнянні з фазою бутонізації (табл. 2.5). Це ще раз узгоджується зі встановленою динамікою – наростанням активності до періоду цвітіння і зниженням – у період повного дозрівання [217].

**Чисельність азотфіксувальних бактерій у бульбочках сої за
використання гербіциду Фабіан, РРР Регоплант і МП Ризобофіт
(фаза початок цвітіння)**

Варіант досліджу	Чисельність, 10 ³ КУО/г тканини бульбочок			Середнє за три роки
	2013 р.	2014 р.	2015 р.	
Без застосування препаратів (контроль I)	1817	1906	1892	1872
Ручні прополювання упродовж вегетативного періоду (контроль II)	1948	2011	1980	1980
Регоплант 50 мл/га	2280	2200	1999	2160
Фабіан 90 г/га	2180	2396	1975	2184
Фабіан 100 г/га	2081	2330	1940	2117
Фабіан 110 г/га	2010	2285	1910	2068
Фабіан 90 г/га + Регоплант 50 мл/га	2365	2876	2196	2479
Фабіан 100 г/га + Регоплант 50 мл/га	2307	2715	2165	2396
Фабіан 110 г/га + Регоплант 50 мл/га	2220	2500	2113	2278
Ризобофіт 100 мл + Регоплант 250 мл/т (фон)	2243	2445	2022	2237
Фон + Регоплант 50 мл/га	2515	2900	2448	2621
Фон + Фабіан 90 г/га	2390	2714	2310	2471
Фон + Фабіан 100 г/га	2320	2650	2232	2401
Фон + Фабіан 110 г/га	2162	2310	2010	2161
Фон + Фабіан 90 г/га + Регоплант 50 мл/га	3001	3517	2780	3099
Фон + Фабіан 100 г/га + Регоплант 50 мл/га	2910	3401	2742	3018
Фон + Фабіан 110 г/га + Регоплант 50 мл/га	2840	3270	2736	2949
<i>НІР₀₅</i>	<i>87</i>	<i>114</i>	<i>64</i>	–

Результати з визначення чисельності азотфіксувальних бактерій у бульбочках сої у період початку цвітіння показали, що найкращі умови для їх розвитку склались у 2014 році, де кількість бактерій зростала майже вдвічі у порівнянні з 2015 роком. Так, чисельність бактерій у спонтанних бульбочках,

що утворювались на коренях рослин у варіанті з проведенням ручних прополювань без застосування препаратів (контроль II), перевищувала контроль I лише на 7; 6 та 5 % відповідно до років досліджень.

Посходове внесення Регопланту 50 мл/га сприяло збільшенню чисельності азотфіксувальних бактерій у бульбочках сої на 25 % у 2013 році, 15 % – у 2014, та на 6 % – у 2015 році. У 2015 році внесення досліджуваних норм Фабіану виявило більший пригнічуючий ефект на розвиток азотфіксувальних бактерій у бульбочках сої, де їх кількість проти контролю I зростала лише на 4–1 %. Із наростанням досліджуваних норм гербіциду Фабіан з 90 до 110 г/га чисельність азотфіксувальних бактерій знижувалась, проте була вищою за показники контролю I на 26–20 % – у 2014 році, за сумісного внесення тих же норм гербіциду з PPP Регоплант 50 мл/га – на 51–31 %.

За передпосівної обробки насіння сої Ризобофітом 100 мл й Регоплантом 250 мл/т, у роки досліджень чисельність азотфіксувальних бульбочкових бактерій значно варіювала: у 2013 та 2014 роках спостерігалось їх збільшення на 23 % та 28 %, тоді як у 2015 – лише на 7 %. Посходове внесення Фабіану по фону МП з PPP у 2014 році в нормах 90–110 г/га сприяло зростанню чисельності бактерій на 42–21 % при 22–6 % у 2015 році.

Інтегроване застосування Ризобофіту, Регопланту і гербіциду Фабіан у 2013–2015 роках досліджень сприяло формуванню найвищої чисельності азотфіксувальних бактерій у бульбочках сої, яка перевищувала контроль I за роками на 65–56 %, 84–71 % і 47–44 % за НІР₀₅ 87, 114 і 64 тис. КУО/г тканини бульбочок відповідно.

У фазу завершення цвітіння–початок утворення бобів простежувалась подібна залежність з розвитку азотфіксувальних бактерій у бульбочках сої як і у попередніх досліджуваних фазах, проте їх чисельність знижувалась (табл. 2.6).

Таблиця 2.6

**Чисельність азотфіксувальних бактерій у бульбочках сої за
використання гербіциду Фабіан, РРР Регоплант і МП Ризобофіт
(фаза завершення цвітіння–початок утворення бобів)**

Варіант досліджу	Чисельність, 10 ³ КУО/г тканини бульбочок			Середнє за три роки
	2013 р.	2014 р.	2015 р.	
Без застосування препаратів (контроль I)	1301	1429	1284	1338
Ручні прополювання упродовж вегетаційного періоду (контроль II)	1362	1475	1353	1397
Регоплант 50 мл/га	1466	1581	1431	1493
Фабіан 90 г/га	1489	1552	1460	1486
Фабіан 100 г/га	1433	1561	1410	1468
Фабіан 110 г/га	1422	1508	1408	1461
Фабіан 90 г/га + Регоплант 50 мл/га	1590	1709	1562	1620
Фабіан 100 г/га + Регоплант 50 мл/га	1561	1697	1533	1597
Фабіан 110 г/га + Регоплант 50 мл/га	1543	1680	1530	1584
Ризобофіт 100 мл + Регоплант 250 мл/т (фон)	1520	1610	1411	1514
Фон + Регоплант 50 мл/га	1559	1730	1492	1594
Фон + Фабіан 90 г/га	1520	1706	1458	1561
Фон + Фабіан 100 г/га	1548	1638	1490	1559
Фон + Фабіан 110 г/га	1472	1690	1442	1535
Фон + Фабіан 90 г/га + Регоплант 50 мл/га	1690	1805	1672	1723
Фон + Фабіан 100 г/га + Регоплант 50 мл/га	1621	1798	1606	1675
Фон + Фабіан 110 г/га + Регоплант 50 мл/га	1581	1782	1580	1648
<i>НІР₀₅</i>	32	72	89	–

Це можна пояснити тим, що у період утворення і дозрівання бобів відбувається гальмування обмінних процесів між партнерами симбіозу, розпочинається відмирання бульбочок, лізис бактероїдів, перетворення їх у дрібні кулеподібні клітини, які виконують функцію розмноження і збереження в природі в сапрофітному стані [218].

За внесення у посівах сої РРР Регоплант 50 мл/га чисельність азотфіксувальних бактерій *Bradyrhizobium japonicum* у бульбочках сої у фазу завершення цвітіння–початок утворення бобів зростала на 13, 11 і 16 % відповідно до років досліджень. Застосування Фабіану 90–110 г/га як окремо, так і в суміші з РРР Регоплант 50 мл/га ініціювало зниження чисельності бактерій бульбочок сої із наростанням норм гербіциду, проте перевищення проти контролю I у 2013 році склало 14–9 % (22–19 %), у 2014 – 8–6 % (20–18 %) та у 2015 – 13–10 % (21–19 %) відповідно.

За передпосівної обробки насіння сумішшю МП Ризобофіту 100 мл й РРР Регопланту 250 мл/т чисельність бактерій бульбочок сої зросла відносно контролю I на 17; 13 і 1 % за роками досліджень. Найактивніше азотфіксувальні бактерії *Bradyrhizobium japonicum* розвивались за інтегрованого застосування Фабіану 90–110 г/га з РРР Регоплант 50 мл/т на фоні передпосівної обробки насіння, де перевищення до контролю I склало 30–22, 26–25 і 30–23 % відповідно до років досліджень.

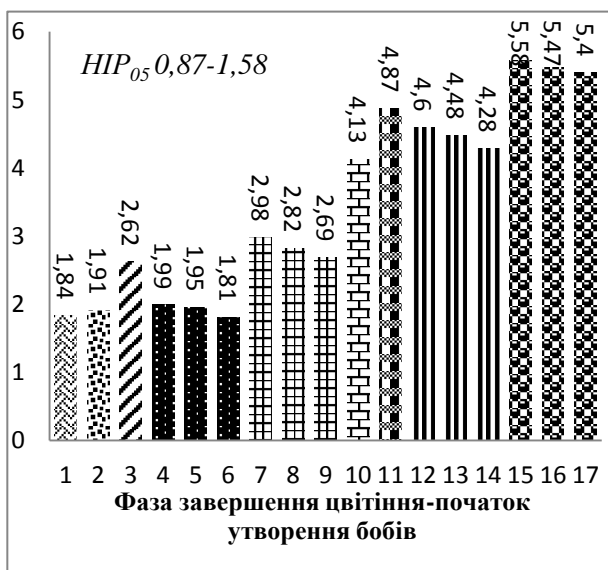
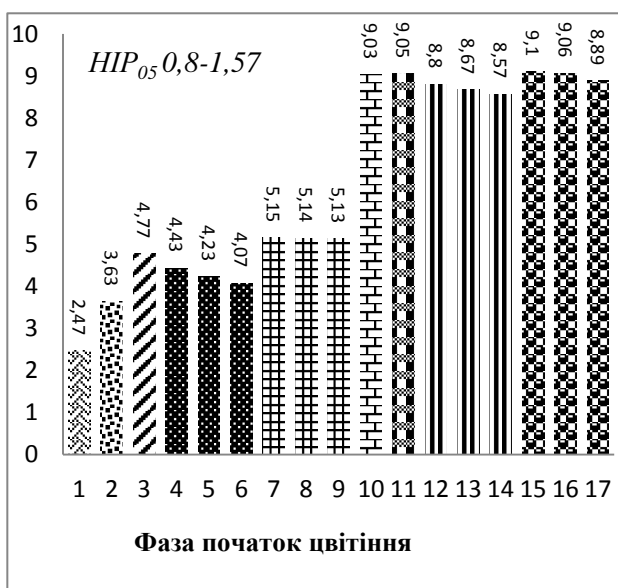
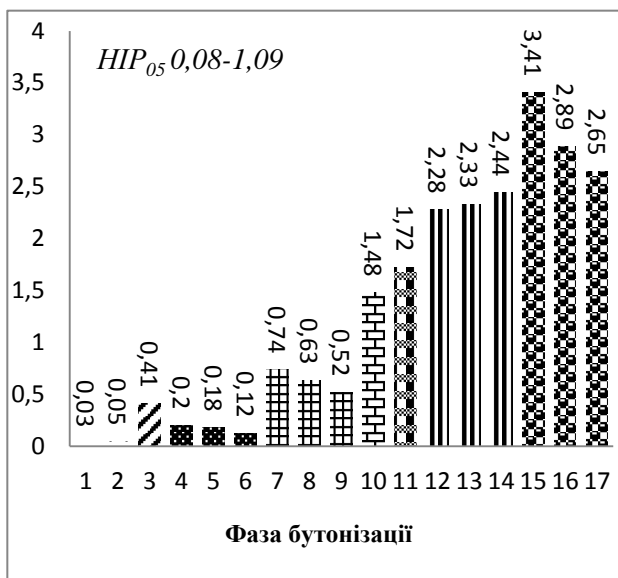
Таким чином, використання МП Ризобофіту в поєднанні з РРР Регоплант для передпосівної обробки насіння з наступним посходовим внесенням суміші гербіциду Фабіан з РРР Регоплант забезпечує покращення функціонування симбіотичної бобово-ризобіальної системи *Glycine max* (L.) Merr. – *Bradyrhizobium japonicum*, що виражається в зростанні чисельності в бульбочках азотфіксувальних бактерій. Найбільша їх кількість простежується за сумісного використання для обробки перед сівбою насіння МП Ризобофіт 100 мл з РРР Регоплант 250 мл/т та з наступним обприскуванням по даному фону посівів гербіцидом Фабіан 90 г/га з РРР Регоплантом 50 мл/га, де перевищення чисельності бактерій у бульбочках за фазами розвитку бутонізація, початок цвітіння, завершення цвітіння–початок утворення бобів в середньому за роки досліджень складало проти контролю I 57; 66 і 29 % відповідно.

2.3. Синтез леггемоглобіну

Важливим показником ефективності функціонування симбіотичної азотфіксувальної системи *Glycine max* (L.) Merr. – *Bradyrhizobium japonicum* слугує наявність у бульбочках леггемоглобіну, який надає їм рожевого забарвлення та сприяє фіксуванню атмосферного азоту [210].

Рослини сої, як і більшість бобових, беруть участь у синтезі леггемоглобіну у бульбочках [219], який є продуктом синтезу макро- і мікросимбіонта. Виконуючи захисну функцію ферментативного комплексу нітрогенази від дії надлишку кисню, він одночасно забезпечує бактерію невеликою його кількістю, необхідною для дихання [213, 220]. Дослідженнями Г. С. Посипанова та співавторів [221] встановлено, що найбільш інтенсивно бобові рослини синтезують леггемоглобін у фазу початок цвітіння.

Проведеними дослідженнями (рис. 2.2.) встановлено, що застосування МП Ризобофіту, різних норм і способів застосування РРР Регопланту та гербіциду Фабіан позитивно вплинуло на накопичення леггемоглобіну бульбочками сої. На початкових етапах розвитку рослин, у фазу бутонізації, вміст леггемоглобіну у бульбочках, що були бактеризовані аборигенними популяціями, був досить низьким. Так, у контрольному варіанті (I) його вміст був на рівні 0,03 мг/г сирої речовини, при застосуванні ручних прополювань (контроль II) – 0,05 мг/г сирої речовини. Посходове внесення РРР Регопланту 50 мл/га сприяло збільшенню кількості і маси бульбочок на коренях сої і як наслідок, відбувалось збільшення синтезу леггемоглобіну з перевищенням відносно контролю I на 0,38 мг/г сирої речовини.



1. Без застосування препаратів (Контроль I);
2. Ручні пропольвання упродовж вегетаційного періоду (Контроль II);
3. Регоплант 50 мл/га;
4. Фабіан 90 г/га;
5. Фабіан 100 г/га;
6. Фабіан 110 г/га;
7. Фабіан 90 г/га + Регоплант 50 мл/га;
8. Фабіан 100 г/га + Регоплант 50 мл/га;
9. Фабіан 110 г/га + Регоплант 50 мл/га;
10. Ризобіфіт 100 мл + Регоплант 250 мл/т (фон);
11. Фон + Регоплант 50 мл/га;
12. Фон + Фабіан 90г/га;
13. Фон + Фабіан 100г/га;
14. Фон + Фабіан 110г/га;
15. Фон + Фабіан 90г/га + Регоплант 50 мл/га;
16. Фон + Фабіан 100г/га + Регоплант 50 мл/га;
17. Фон + Фабіан 110г/га + Регоплант 50 мл/га.

Рис. 2.2. Вміст леггемоглобіну в бульбочках сої за дії різних норм гербіциду Фабіан, РРР Регоплант і МП Ризобофіт (середнє за роки досліджень), мг/г сирої речовини бульбочок.

У варіантах із внесенням гербіциду Фабіан у нормах 90–110 г/га також простежувалось зростання вмісту пігмента на 0,17–0,09 мг/г сирої речовини. За сумісного застосування гербіциду в досліджуваних нормах з РРР Регоплант вміст леггемоглобіну був на рівні 0,71–0,49 мг/г сирої речовини.

За використання для передпосівної обробки насіння сої МП Ризобофіт 100 мл з РРР Регоплант 250 мл/т вміст леггемоглобіну в бульбочках зростав на 1,45 мг/г у порівнянні з контролем І, тоді як за посходового внесення РРР у нормі 50 мл/га – на 1,69 мг/г сирої речовини. За внесення гербіциду Фабіан у нормах 90–110 г/га вміст пігменту зростав відносно контролю І на рівні 2,25–2,41 мг/г сирої речовини, тоді як за сумісного внесення цих же норм препарату з РРР Регоплант 50 мл/га – на 3,38–2,62 мг/г сирої речовини.

У фазу початок цвітіння найвищий вміст леггемоглобіну в бульбочках сої був відмічений у 2014 році за сумісного використання для обробки перед сівбою насіння МП Ризобофіт 100 мл з РРР Регоплант 250 мл/т та з наступним обприскуванням по даному фону посівів гербіцидом Фабіан 90 г/га з РРР Регоплантом 50 мл/га – 9,21 мг/г сирої речовини, тоді як у 2013 та 2015 роками вміст пігменту у тому ж варіанті склав 9,04 та 9,05 мг/г сирої речовини відповідно за НІР₀₅ 1,43; 0,87 і 1,58 мг/г сирої речовини відповідно до років досліджень.

У середньому за три роки досліджень його вміст у бульбочках у варіантах досліді з внесенням гербіциду Фабіан у нормах 90–110 г/га у відношенні контролю І змінювався в незначній мірі, тоді як за внесення цих же норм гербіциду в сумішах з РРР Регоплант він перевищував показник контролю І на 2,68–2,66 мг/г сирої речовини.

Застосування передпосівної обробки насіння МП Ризобофіт у суміші з РРР Регоплант забезпечило зростання вмісту леггемоглобіну у бульбочках рослин сої до 9,03 мг/г 2,47 мг/г сирої речовини у контролі І.

Застосування Фабіану в нормах 90–110 г/га по фону (обробка насіння перед сівбою сумішшю Ризобофіту й Регопланту) зумовило зростання в бульбочках сої вмісту леггемоглобіну відносно контролю І на 6,53–6,10 мг/г

сирої речовини, тоді як сумісне внесення цих же норм гербіциду Фабіан з РРР Регоплант по даному фоні забезпечило перевищення показників контролю І на 6,63–6,42 мг/г сирої речовини. Одержані дані узгоджуються з даними інших науковців [9], які вказують на суттєве зростання вмісту леггемоглобіну в бульбочках сої саме за інокуляції насіння активними штамми мікроорганізмів.

У фазі завершення цвітіння–початок утворення бобів, було відмічено зниження вмісту леггемоглобіну в бульбочках сої у порівнянні з попередньою фазою. Бульбочки поступово втрачали рожеве забарвлення, форму, змінювалась їх структура, очевидно, це відбувалось через руйнування гемового ядра леггемоглобіну з перетворенням його у зелений пігмент холіглобін [222].

У 2013–2015 роках вміст леггемоглобіну у бульбочках сої у фазу завершення цвітіння–початок утворення бобів в контролі І склав 1,84 мг/г сирої речовини. Застосування ручних прополовань сприяло зростанню його вмісту проти контролю І на 0,07 мг/г сирої речовини. Як і у попередніх досліджуваних фазах розвитку рослин сої, внесення РРР Регоплант забезпечило досить високий показник нагромадження леггемоглобіну у порівнянні з контролем І – 2,62 мг/г сирої речовини. Із наростанням норми внесення гербіциду Фабіан вміст леггемоглобіну в бульбочках сої знижувався, а за внесення норми 110 г/га був меншим за контрольний варіант (І) на 0,3 мг/г сирої речовини, тоді як сумісне застосування тих же норм гербіциду з РРР Регоплант 50 мл/га забезпечувало зростання вмісту пігменту на 1,14–0,85 мг/г сирої речовини.

Найбільший вміст леггемоглобіну в бульбочках сої у фазу завершення цвітіння–початок утворення бобів був зафіксований у варіантах із застосуванням передпосівної обробки насіння МП Ризобофіт 100 мл у поєднанні з РРР Регоплант 250 мл/т з посходовим внесенням гербіциду Фабіан 90–110 г/га сумісно з РРР Регоплант 50 мл/га, де його перевищення відносно контролю І складало 3,74–3,56 мг/г сирої речовини.

Таким чином, нагромадження леггемоглобіну в бульбочках сої залежить від використання відповідних композицій препаратів, фази розвитку рослин і років проведення досліджень. Найвищий вміст леггемоглобіну (9,1 мг/г сирої речовини) відмічався у бульбочках сої у фазу цвітіння за використання для передпосівної обробки МП Ризобофит 100 мл + РРР Регоплант 250 мл/т та за обробки посівів по даному фону гербіцидом Фабіан у нормі 90 г/га з РРР Регоплант 50 мл/га, що в 3,6 рази перевищувало контроль I. Виконаний кореляційний аналіз між чисельністю азотфіксувальних бактерій у бульбочках сої і вмісту у них леггемоглобіну засвідчив середній прямий зв'язок ($r=0,41$), що опосередковано демонструє залежність активності азотфіксації симбіотичної системи *Glycine max* (L.) Merr. – *Bradyrhizobium japonicum* від ефективності інокуляції насіння активним штамом М8 бактерій *Bradyrhizobium japonicum*.

2.4. Азотфіксувальні мікроорганізми родів *Azotobacter* і *Clostridium*

Родючість ґрунту залежить від життєдіяльності мікроорганізмів, які є основними ґрунтоутворювачами [223]. Водночас кількісний і якісний склад ґрунтової мікробіоти є важливим індикатором стану агроєкосистем, що відображає ступінь антропогенного навантаження на них [224].

Серед ґрунтових мікроорганізмів важливу роль відіграють вільноживучі азотфіксатори, що зосереджені в основному в ризосфері [74]. Нині здатність фіксувати азот атмосфери виявлено більше ніж у 60 видів бактерій, у тому числі й мікроорганізмів родів *Azotobacter* і *Clostridium* [9]. Встановлено, що позитивний вплив бактерій роду *Azotobacter* на рослини обумовлюється двома чинниками: здатністю засвоювати молекулярний азот та синтезувати різні біологічно активні речовини (фітогормони, антибіотики, вітаміни групи В, органічні кислоти, амінокислоти та ін.) [225]. Азотфіксувальні бактерії роду *Clostridium* також асимілюють молекулярний азот і трансформують його в доступні для інших мікроорганізмів і рослин форми [226]. Проте ефективність

азотфіксації залежить від антропогенних чинників, у тому числі й агротехнічних, завдяки яким створюються певні умови для розвитку рослин [223]. Також окремі літературні публікації засвідчують залежність розвитку асоціативних азотфіксаторів від застосування у посівах сільськогосподарських культур гербіцидів і регуляторів росту рослин [226–228].

Аналіз одержаних результатів досліджень (табл. 2.7) засвідчив, що зі збільшенням норми внесення гербіциду Фабіан кількість асоціативних бактерій роду *Azotobacter* у ризосфері сої у порівнянні з контролем I зменшувалась.

На 10-ту добу обробки посів сої гербіцидом Фабіан у нормах 90, 100 та 110 г/га у 2013 році спостерігалось зниження чисельності бактерій роду *Azotobacter* до контролю I на 13, 14 і 18 шт.; 15, 16 і 19 шт. оброслих колоніями грудочок – у 2014 році та 16, 17 і 19 шт. – у 2015 році.

За сумісного застосування гербіциду Фабіан з РРР Регоплант кількість оброслих колоніями бактерій грудочок ґрунту знижувалась до контрольного варіанту (I) на 9, 11 та 12 шт. (2013 р.); 11, 12 і 13 шт. (2014 р.) та 10, 12 і 14 шт. (2015 р.). Застосування ручних прополювань упродовж вегетаційного періоду (контроль II) та внесення по сходах РРР Регоплант забезпечило впродовж 2013–2015 рр. активізацію росту бактерій роду *Azotobacter* у порівнянні з контролем I на 4–5 %.

Передпосівна обробка насіння сої МП Ризобофіт у поєднанні з РРР Регоплант сприяла обростанню грудочок ґрунту колоніями бактерій роду *Azotobacter* на рівні 49–50 шт. Посходове внесення гербіциду Фабіан 90–110 г/га на фоні передпосівної обробки насіння сої Ризобофітом 100 мл і Регоплантом 250 мл/т дещо знижувало колонізаційну активність бактерій роду *Azotobacter*, що виражалось у зменшенні кількості оброслих грудочок на 5–8 шт. (2013 р.), 6–9 шт. (2014 р.) та 6–9 шт. (2015 р.) за НІР₀₅ 1,5; 1,3 і 1,7 шт. відповідно.

Сумісне внесення гербіциду Фабіан у мінімальній нормі з РРР Регоплант по фоні виявляло оптимальний вплив на розвиток бактерій роду *Azotobacter*, де зниження кількості оброслих колоніями грудочок ґрунту відповідно до контролю I у середньому за роки досліджень складало 2 шт. або 4 %.

Таблиця 2.7

Чисельність асоціативних азотфіксувальних бактерій роду *Azotobacter* в посівах сої за використання гербіциду Фабіан, РРР Регоплант і МП

Варіант досліджу	Кількість оброслих колоніями грудочок ґрунту, шт.			Середнє за три роки
	2013 р.	2014 р.	2015 р.	
Без застосування препаратів (контроль I)	47/49	44/50	46/48	45/49*
Ручні прополювання упродовж вегетаційного періоду (контроль II)	49/50	46/50	48/50	47/50
Регоплант 50 мл/га	49/50	48/50	49/50	48/50
Фабіан 90 г/га	34/49	29/50	30/49	31/49
Фабіан 100 г/га	33/47	28/49	29/48	30/48
Фабіан 110 г/га	29/46	25/47	27/45	27/46
Фабіан 90 г/га + Регоплант 50 мл/га	38/48	33/50	36/49	35/49
Фабіан 100 г/га + Регоплант 50 мл/га	36/48	32/49	34/47	34/48
Фабіан 110 г/га + Регоплант 50 мл/га	35/47	31/49	32/47	32/47
Ризобіфіт 100 мл + Регоплант 250 мл/т (фон)	50/50	49/50	49/50	49/50
Фон + Регоплант 50 мл/га	49/50	49/50	48/49	48/50
Фон + Фабіан 90 г/га	42/48	38/48	40/48	40/48
Фон + Фабіан 100 г/га	40/46	37/47	38/46	38/46
Фон + Фабіан 110 г/га	39/47	35/46	37/47	37/47
Фон + Фабіан 90 г/га + Регоплант 50 мл/га	45/50	42/50	44/49	43/50
Фон + Фабіан 100 г/га + Регоплант 50 мл/га	44/48	41/49	43/47	42/48
Фон + Фабіан 110 г/га + Регоплант 50 мл/га	43/48	40/48	39/46	40/47
<i>HIP₀₅</i>	1,5/0,43	1,3/1,27	1,7/1,02	—

Примітка: * над ризикою – 10 доба після застосування препаратів; під ризикою – 20 доба після застосування препаратів

Ріст азотобактера у ризосфері сої в середньому за роки досліджень на 20-й день обліку у варіантах проведення ручних прополювань (контроль II) та посходового внесення РРР Регоплант 50 мл/га повністю відновлювався. За внесення Фабіану 90–110 г/га кількість оброслих колоніями грудочок знижувалась на 1–4 шт. Сумісне внесення тих же норм гербіциду з РРР Регоплант 50 мл/га виявляло оптимальний вплив на розвиток бактерій роду *Azotobacter*, де зниження кількості оброслих колоніями грудочок ґрунту відносно контролю I складало 1–3 шт.

Застосування передпосівної обробки насіння сімішшою МП Ризобофіт 100 мл й РРР Регоплант 250 мл/т та посходового внесення Регопланту 50 мл/га по фоні обробки насіння забезпечило повне відновлення розвитку асоціативних азотфіксаторів роду *Azotobacter*. Внесення гербіциду Фабіан 90–110 г/га як окремо, так і сумісно з РРР Регоплант 50 мл/га по фоні Ризобофіт 100 мл з Регоплантом 250 мл/т призвело до зниження кількості оброслих колоніями грудочок ґрунту відносно контролю I на 2–3 та 0–3 шт.

Одержані дані дають підставу стверджувати, що за дії в посівах сої РРР і МП негативний вплив гербіциду послаблюється. Аналогічного припущення дотримуються й інші вчені [227, 228]. Разом з тим перевага у розвитку ризосферних азотфіксувальних бактерій роду *Azotobacter* за інтегрованого застосування (МП + РРР) + (гербіцид + РРР) демонструє позитивний вплив даних композицій на формування симбіотичного апарату *Glycine max* (L.) Merr. – *Bradyrhizobium japonicum*, яким обумовлюється фізіолого-біохімічний стан рослин, виділення ними в ризосфері ескудатів, що слугують середовищем не тільки для функціонування бактерій роду *Azotobacter*, а й інших ризосферних угруповань мікроорганізмів.

Дослідженнями В. П. Карпенка і співавторів [96] встановлено, що азотфіксувальні бактерії роду *Clostridium* є більш стійкішими до дії гербіцидів у порівнянні з мікроорганізмами роду *Azotobacter*.

Як показали результати досліджень (табл. 2.8), у 2013 році в варіанті з ручними прополюваннями впродовж вегетації (контроль II) кількість бактерій

роду *Clostridium* у ризосфері сої в порівнянні до контролю I зроста на 2,4 тис. КУО/г ґрунту, що, очевидно, може бути наслідком покращення умов для росту й розвитку рослин за рахунок повного зняття конкуренції з боку бур'янів та активного надходження у ризосферу поживних речовин.

Таблиця 2.8

Чисельність азотфіксувальних бактерій роду *Clostridium* (тис. КУО/г ґрунту) у посівах сої за використання гербіциду Фабіан, РРР Регоплант і МП Ризобіфіт

Варіант досліджу	2013 р.	2014 р.	2015 р.	Середнє за три роки
Без застосування препаратів (контроль I)	7,6/9,7	3,0/4,7	7,7/8,7	6,1/7,7
Ручні прополювання упродовж вегетаційного періоду (контроль II)	10,0/11,7	4,7/7,0	10,6/10,6	8,4/9,8
Регоплант 50 мл/га	9,1/11,3	7,6/8,3	10,7/10,7	9,1/10,1
Фабіан 90 г/га	10,6/13,3	8,3/11,0	12,7/12,3	10,5/12,2
Фабіан 100 г/га	9,0/11,7	7,7/9,3	10,0/12,0	8,8/11,0
Фабіан 110 г/га	8,0/10,7	6,3/8,7	9,0/11,7	7,7/10,3
Фабіан 90 г/га + Регоплант 50 мл/га	13,6/13,7	10,0/11,7	13,3/14,3	12,3/13,2
Фабіан 100 г/га + Регоплант 50 мл/га	12,6/12,3	9,3/10,0	11,6/13,7	11,2/12,0
Фабіан 110 г/га + Регоплант 50 мл/га	11,6/10,0	7,0/9,0	9,7/12,7	9,4/10,6
Ризобіфіт 100 мл + Регоплант 250 мл/т (фон)	10,7/13,3	8,4/10,7	12,3/14,0	10,4/12,7
Фон + Регоплант 50 мл/га	13,3/15,3	9,6/11,7	13,6/14,0	12,2/13,1
Фон + Фабіан 90 г/га	12,0/13,6	13,6/13,3	13,7/15,0	13,1/14,6
Фон + Фабіан 100 г/га	11,3/13,6	13,0/12,3	12,0/14,7	12,1/13,6
Фон + Фабіан 110 г/га	9,7/11,0	12,0/10,7	11,7/13,3	11,1/11,7
Фон + Фабіан 90 г/га + Регоплант 50 мл/га	14,6/16,3	14,0/15,7	14,0/15,7	14,2/15,9
Фон + Фабіан 100 г/га + Регоплант 50 мл/га	12,7/14,0	13,3/13,0	12,7/13,7	12,8/13,6
Фон + Фабіан 110 г/га + Регоплант 50 мл/га	11,0/12,7	12,6/12,0	10,3/13,0	11,3/12,6
<i>НІР</i> ₀₅	1,4/0,32	1,3/1,10	2,0/0,82	–

Примітка: * над ризкою – 10 доба після застосування препаратів; під ризкою – 20 доба після застосування препаратів

На 10-ту добу після використання в посівах сої гербіциду Фабіан у нормах 90, 100 і 110 г/га кількість бактерії роду *Clostridium* зменшувалась, проте вона перевищувала контроль I на 3; 1,4 та 0,4 тис. КУО/г ґрунту відповідно, тоді як на 20-ту добу їх чисельність зростала на 3,7; 2,0 та 1,0 КУО/г ґрунту. За сумісного використання тих же норм гербіциду Фабіан з РРР Регоплант чисельність бактерій роду *Clostridium* перевищила контроль I на 6,0; 5,0 і 4,0 тис. КУО/г ґрунту – на 10 добу, та 4,0; 2,7 і 0,33 тис. КУО/г ґрунту – 20-ту добу внесення препаратів.

Використання гербіциду Фабіан у нормах 90, 100 і 110 г/га по фоні обробки насіння перед сівбою Ризобофіт 100 мл + Регоплант 250 мл/т забезпечило перевищення показників контролю I відповідно на 4,4; 3,7 і 2,1 тис. КУО/г ґрунту на 10-ту добу та 4; 4 і 1,3 тис. КУО/г ґрунту – на 20-ту. Використання цих же норм гербіциду по фоні в суміші з Регоплантом 50 мл/га зумовило зростання чисельності бактерій роду *Clostridium* на 7,0; 5,1 і 3,4 та 6,7; 4,3 і 3 тис. КУО/г ґрунту відповідно до обліків.

У 2014 та 2015 роках у посівах сої спостерігалась аналогічна закономірність з розвитку мікроорганізмів роду *Clostridium* за дії досліджуваних препаратів. Проте найвищі показники чисельності даних мікроорганізмів були відмічені за використання сумішей гербіциду Фабіан з Регоплантом по фоні, зокрема їх кількість у ці роки перевищувала контроль I на 11,0–9,6 та 6,3–2,6 тис. КУО/г ґрунту на 10-ту добу та 11–7,3 та 7–4,3 тис. КУО/г ґрунту – на 20-ту добу обліку після застосування препаратів.

Таким чином, у результаті проведених досліджень встановлено, що розвиток асоціативних азотфіксаторів у посівах сої залежить від норм і способів застосування досліджуваних препаратів. Підвищену чутливість до дії гербіциду Фабіан у початковий період після його застосування виявляють азотфіксувальні бактерії роду *Azotobacter*, у той же час бактерії роду *Clostridium* є стійкими до дії даного хімічного агента. Найвищий рівень активності ризосферних азотфіксаторів родів *Azotobacter* та *Clostridium* простежується за сумісної обробки насіння перед посівом МП Ризобофіт у

нормі 100 мл з РРР Регоплант 250 мл/т за наступного посходового внесення гербіциду Фабіан у нормі 90 г/га сумісно з РРР Регоплант 50 мл/га, де перевищення їх чисельності складає в середньому до 118 %.

2.5. Загальна чисельність ризосферних мікроорганізмів

Стан ґрунту – це не тільки агрохімічна оцінка, а й контроль за формуванням і функціонуванням мікробного ценозу, як одного з найчутливіших діагностичних критеріїв родючості [229]. Поживний режим ґрунту формується під впливом складної системи екологічних чинників, серед яких провідне значення відіграє біохімічна активність мікробіоти [66]. Саме направленість діяльності ґрунтової мікробіоти визначає рівень формування урожайності сільськогосподарських культур, адже мікроорганізми перебувають у тісній взаємодії з усіма компонентами біоценозу, в тому числі і з рослинами, формуючи складну систему: ґрунт–рослина–мікроорганізми [230], за участю яких відбувається деструкція органічної речовини, кругообіг біогенних елементів, збереження родючості та забезпечення рослин необхідними поживними речовинами [65, 231].

Мікробіота ґрунту переважно представлена бактеріями та мікроскопічними грибами, які, продукуючи різні ферменти, беруть участь у розкладанні низки органічних речовин [93]. У сучасних умовах інтенсифікації виробництва стан ґрунтів викликає занепокоєння [232], оскільки використання хімічних речовин, у тому числі й гербіцидів, призводить до порушення рівноваги між різними групами мікробіоти [233]. Тому доцільним є з'ясування впливу препаратів різної фізіологічної дії на розвиток основних груп мікроорганізмів.

У результаті виконаних досліджень у 2013–2015 рр. встановлено, що чисельність бактерій, мікроміцетів та актиноміцетів у ризосфері сої залежала від виду і способу внесення препаратів, їх комбінування та погодних умов (табл. 2.9).

**Чисельність основних груп мікроорганізмів ризосфери сої за
використання гербіциду Фабіан, РРР Регоплант і МП Ризобфит
(середнє за 2013-2015 рр.)**

Варіант дослідю	Чисельність, тис. КУО/г ґрунту		
	бактерії	мікроміцети	актиноміцети
Без застосування препаратів (контроль I)	<u>1188</u>	<u>290</u>	<u>227</u>
	1337	277	250
Ручні прополювання упродовж вегетаційного періоду (контроль II)	<u>1337</u>	<u>323</u>	<u>244</u>
	1655	309	256
Регоплант 50 мл/га	<u>1470</u>	<u>390</u>	<u>253</u>
	1885	337	263
Фабіан 90 г/га	<u>1592</u>	<u>384</u>	<u>247</u>
	1834	364	277
Фабіан 100 г/га	<u>1534</u>	<u>374</u>	<u>236</u>
	1815	370	275
Фабіан 110 г/га	<u>1504</u>	<u>363</u>	<u>234</u>
	1769	359	263
Фабіан 90 г/га + Регоплант 50 мл/га	<u>1703</u>	<u>425</u>	<u>288</u>
	1995	345	256
Фабіан 100 г/га + Регоплант 50 мл/га	<u>1689</u>	<u>418</u>	<u>268</u>
	1978	410	321
Фабіан 110 г/га + Регоплант 50 мл/га	<u>1644</u>	<u>411</u>	<u>272</u>
	1899	401	304
Ризобфит 100 мл + Регоплант 250 мл/г (фон)	<u>1830</u>	<u>356</u>	<u>297</u>
	1790	392	296
Фон + Регоплант 50 мл/га	<u>1859</u>	<u>422</u>	<u>309</u>
	2032	323	329
Фон + Фабіан 90 г/га	<u>1889</u>	<u>451</u>	<u>306</u>
	2015	407	338
Фон + Фабіан 100 г/га	<u>1876</u>	<u>432</u>	<u>296</u>
	1997	437	334
Фон + Фабіан 110 г/га	<u>1856</u>	<u>420</u>	<u>288</u>
	1960	415	324
Фон + Фабіан 90 г/га + Регоплант 50 мл/га	<u>1966</u>	<u>507</u>	<u>336</u>
	2176	403	318
Фон + Фабіан 100 г/га + Регоплант 50 мл/га	<u>1933</u>	<u>486</u>	<u>328</u>
	2131	478	368
Фон + Фабіан 110 г/га + Регоплант 50 мл/га	<u>1905</u>	<u>471</u>	<u>321</u>
	2069	463	351
<i>НІР₀₅</i>	<u>95-120</u> 123-164	<u>23-44</u> 11-31	<u>14-35</u> 10-29

Примітка: * над ризкою – 10 доба після застосування препаратів; під ризкою – 20 доба після застосування препаратів

Так, на 10-ту добу після внесення у посівах сої гербіциду Фабіан у нормах 100 та 110 г/га у варіантах досліду простежувалось зростання чисельності бактерій на 29 та 27 % у порівнянні з контролем I, тоді як за внесення 90 г/га – на 34 %. При внесенні гербіциду Фабіан у досліджуваних нормах 90–110 г/га з Регоплантом 50 мл/га розвиток бактерій проходив активніше і їх чисельність перевищувала контроль на 43; 42 і 38 % відповідно. Передпосівна обробка насіння сої сумішшю препаратів Ризобофіт 100 мл + Регоплант 250 мл/т з наступною обробкою посівів гербіцидом Фабіан 90; 100; 110 г/га забезпечила зростання чисельності ризосферних бактерій у порівнянні з контролем на 59; 58 і 56 % за $НІР_{05}$ 95–120 тис. КУО/г ґрунту.

Помітне зростання чисельності бактерій у цих варіантах досліду, вочевидь, обумовлено, з одного боку, посиленням функціонування життєдіяльності азотфіксувальних бактерій роду *Bradyrhizobium japonicum*, завдяки яким в рослинах покращуються процеси обміну, зокрема азотного, і як наслідок у ризосфері виділяється більша кількість ексудатів, з іншого боку, стимуляцію за дії РРР ростових процесів, у результаті чого інтенсивніше наростає коренева система і створюється додаткова площа для живлення мікроорганізмів [234].

Подальший аналіз розвитку ризосферних бактерій сої засвідчив, що найвищі показники їх чисельності формувалися у варіантах із застосуванням гербіциду Фабіан 90–110 г/га у сумішах з РРР Регоплант 50 мл/га, внесених на фоні передпосівної обробки насіння Ризобофітом 100 мл разом із Регоплантом 250 мл/т. У даних варіантах досліду чисельність бактерій перевищувала показник контролю I у 1,6–1,7 рази (рис. 2.3). Очевидно, що зростання чисельності ризосферних бактерій у цих варіантах досліду обумовлено ще й підсиленням дії на рослини РРР Регоплант, яким обробляли посіви сої, внаслідок чого проходження фізіолого-біохімічних процесів значно активізувалось, про що вказують й інші науковці [235].

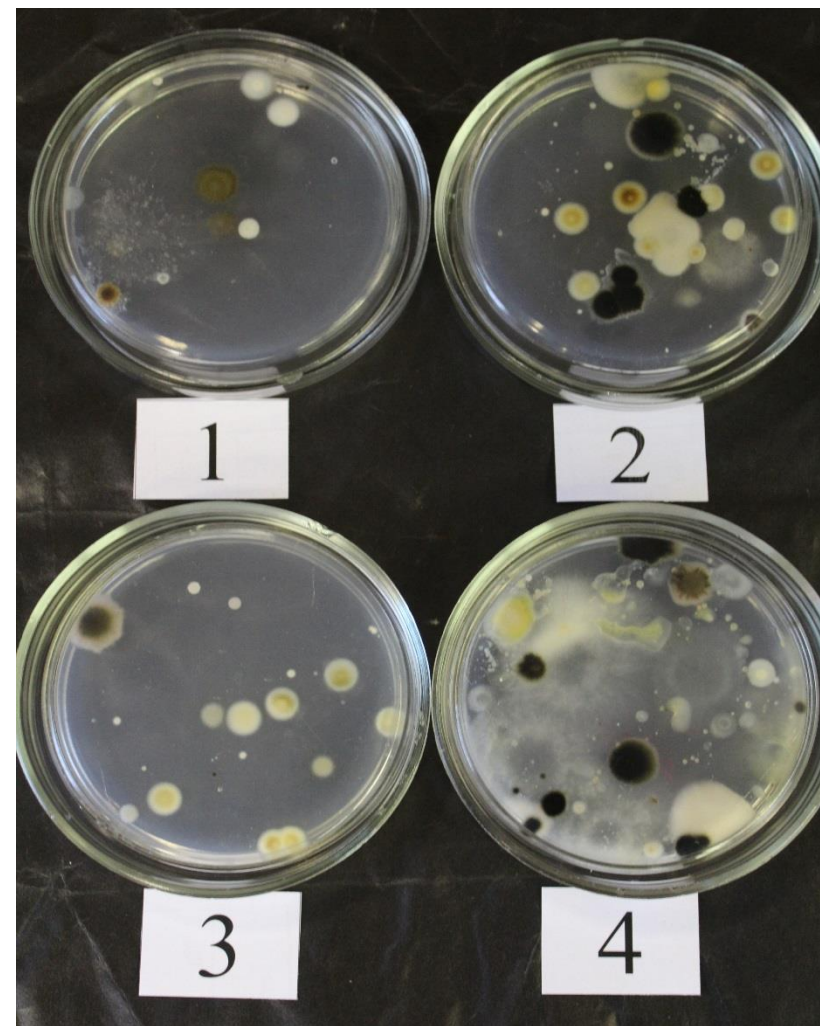
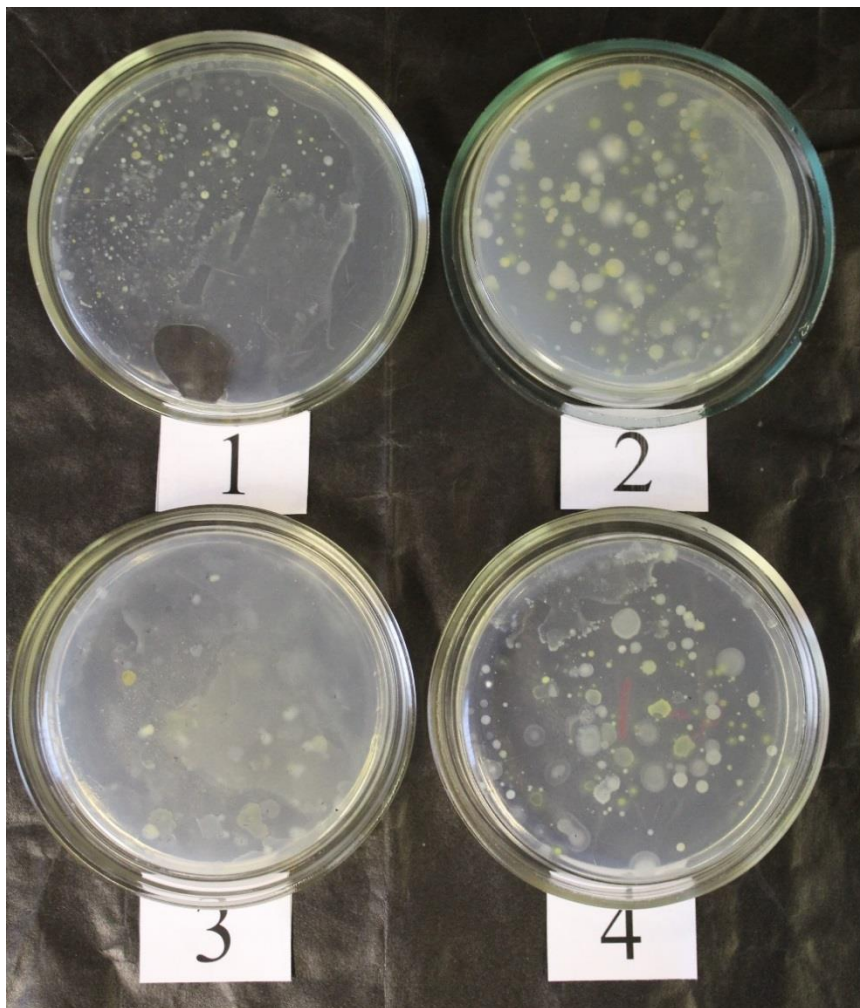


Рис 2.3 Дія гербіциду Фабіан, РРР Регоплант та МП Ризобофіт на розвиток загальної чисельності мікроорганізмів (А) та мікроміцетів (Б) ризосфери сої (10–та доба)

1. Без застосування препаратів (контроль I); 2. Фабіан 90 г/га + Регоплант 50 мл/га; 3. Ризобофіт 100 мл + Регоплант 250 мл/т (фон); 4. Фон + Фабіан 90 г/га + егоплант 50 мл/га.

Важливу роль у процесах ґрунтоутворення та кругообігу азоту відіграють мікроскопічні гриби, які є безпосередніми учасниками амоніфікації та продукування біологічно активних речовин: амінокислот, ферментів, антибіотиків, полісахаридів, вітамінів [230].

Аналіз експериментальних даних з визначення загальної кількості мікроскопічних грибів показав, що у варіантах з використанням гербіциду Фабіан у нормах 90, 100 і 110 г/га чисельність мікроміцетів зростала відносно контролю I на 32; 29 та 26 %, актиноміцетів – на 9; 4 і 2 %. Посходове внесення PPP Регоплант 50 мл/га забезпечило зростання чисельності мікроміцетів на 35 % та актиноміцетів – на 31 % відносно контролю I.

За інтегрованого застосування гербіциду Фабіан у нормах 90, 100 і 110 г/га з PPP Регоплант 50 мл/га кількість мікроміцетів збільшувалась на 46, 44 та 42 %, тоді як актиноміцетів – на 27, 18 і 20 % відповідно до контрольного варіанту (I).

На фоні передпосівної обробки насіння сої препаратами Ризобофіт 100 мл і Регоплант 250 мл/т відмічено збільшення кількості мікроміцетів на 23 %, актиноміцетів – на 31 %. Зростанню чисельності грибної мікробіоти сприяло й внесення гербіциду Фабіан по фону у нормах 90–110 г/га, де кількість мікроміцетів зростала на 55–45 %, актиноміцетів – на 35–27 % проти контрольного варіанту (I).

Найактивніший розвиток мікроміцетів й актиноміцетів у ризосфері сої простежувався за посходового внесення гербіциду Фабіан 90–110 г/га у суміші з PPP Регоплант 50 мл/га на фоні передпосівної обробки насіння сої Ризобофітом 100 мл і Регоплантом 250 мл/т, де зростання чисельності цих груп мікроорганізмів до контролю I складало 75–62 % та 48–41 % відповідно.

Збільшення чисельності мікроміцетів і актиноміцетів у ризосфері сої, очевидно, є наслідком зростання розмірів надземної і кореневої маси рослин, якою продукувалась більша кількість корневих залишків та ескудатів, що створюють оптимальне середовище для розвитку даних груп мікроорганізмів [236, 237]. Водночас Н. Н. Манаєва [238] стверджує, що застосування

гербицидів вводять мікроорганізми в стан депресії, в результаті чого відбувається їх перерозподіл у бік збільшення мікроміцетів та актиноміцетів .

При підрахунку бактерій, мікроміцетів та актиноміцетів на 20-ту добу після застосування препаратів, у роки досліджень простежувалась подібна закономірність щодо розвитку мікроорганізмів, проте їх чисельність істотно зростала у порівнянні з попереднім обліком. Так, у варіанті посходового внесення Регопланту 50 мл/га простежувалось зростання чисельності бактерій на 41 %, мікроміцетів – на 48 %, актиноміцетів – на 5 %. Посходове внесення Фабіану у нормах 90–110 г/га окремо і в суміші з РРР Регоплант сприяло збільшенню числа бактерій на 37–32 % (49–42 %), мікроміцетів – 31–29 % (25–44 %), актиноміцетів – на 10–5 % (2–21 %) проти контролю І.

Найактивніше досліджувані групи мікроорганізмів на 20-ту добу обліку розвивались у варіанті досліду сумісної обробки насіння Ризобофітом 100 мл й Регоплантом 250 мл/т за наступного посходового внесення мінімальної норми гербициду Фабіан 90 г/га у поєднанні з РРР Регоплант 50 мл/га де чисельність бактерій відносно контролю І зросла на 62 %, мікроміцетів – 45 %, актиноміцетів – на 27 %

Одержаний експериментальний матеріал дає підставу зробити висновок, що чисельність ризосферної ґрунтової мікробіоти у посівах сої змінюється залежно від норм гербициду та комбінування їх застосування з біологічними препаратами: із наростанням норм гербициду Фабіан чисельність ґрунтової мікробіоти в посівах сої зменшується; за передпосівної обробки насіння сумішшю Ризобофіту 100 мл й Регопланту 250 мл/т з посходовим внесенням мінімальної норми гербициду Фабіан 90 г/га у поєднанні з РРР Регоплант 50 мл/га провокується суттєве збільшення загальної чисельності бактерій проти контрольного варіанту (І) в середньому на 65 і 62 %, мікроміцетів – 75 та 46 % , актиноміцетів – 48 і 27 % відповідно.

2.6. Розвиток основних еколого-трофічних груп мікроорганізмів

Відомо, що збільшення пестицидного навантаження на агроценози може призводити до зменшення чисельності основних еколого-трофічних груп мікроорганізмів, зміну у співвідношенні між ними, у результаті чого відбувається порушення зав'язків в агроекосистемах, і як наслідок, знижується біологічна активність ґрунту [239]. Проте науковці відзначають, що за сумісного застосування гербіцидів і РРР має місце послаблення негативної дії препаратів на розвиток еколого-трофічних мікроорганізмів ризосфери [240]. Дослідниками також встановлено, що інокуляція насіння активними штамми ризобактерій позитивно впливає на розвиток популяцій ризосферних мікроорганізмів [241]. Зокрема, І. М. Малиновська [242] стверджує, що оброблення насіння азотфіксувальними та фосфатмобілізуючими мікроорганізмами призводить до істотних змін у мікробіоценозі вегетуючих рослин, зумовлених збільшенням об'єму і складу корневих виділень. Спрямованість таких змін визначається зростанням чисельності мікроорганізмів еколого-трофічних груп, які беруть участь в утилізації корневих ескудатів.

Зважаючи на це, важливими є дослідження активності мікробних угруповань, які беруть участь у перетворенні речовин у доступні для рослин форми та живлення корисної мікробіоти ґрунту. Проте питання інтегрованого застосування гербіциду, РРР та МП на ріст і розвиток еколого-трофічних груп мікроорганізмів ризосфери сої вивчене недостатньо.

Дослідження розвитку целюлозоруйнівних мікроорганізмів ризосфери сої дає можливість оцінити біологічну активність ґрунту, а саме інтенсивність руйнування целюлози, яка є основним джерелом енергії для ґрунтової мікробіоти [108]. У результаті проведених досліджень встановлено, що низька забезпеченість вологою у 2015 році негативно вплинула на чисельність целюлозоруйнівних мікроорганізмів ризосфери сої, тоді як у 2013 та 2014 роках їх кількість була вищою (табл. 2.10).

**Чисельність еколого-трофічних груп мікроорганізмів ризосфери сої за
використання гербіциду Фабіан, РРР Регоплант і МП Ризобофіт
(середнє за 2013-2015 рр.)**

Варіант досліджу	Чисельність, 10 ³ КУО/г ґрунту		
	Целюлозо- руйнівні	Амоні- фікуючі	Нітри- фікуючі
Без застосування препаратів (контроль I)	<u>1313</u> 1557	<u>144</u> 171	<u>15,5</u> 27,2
Ручні прополювання упродовж вегетаційного періоду (контроль II)	<u>1394</u> 1652	<u>154</u> 182	<u>17,8</u> 29,4
Регоплант 50 мл/га	<u>1438</u> 1705	<u>194</u> 230	<u>18,5</u> 33,6
Фабіан 90 г/га	<u>1462</u> 1733	<u>210</u> 249	<u>18,8</u> 34,8
Фабіан 100 г/га	<u>1465</u> 1737	<u>206</u> 244	<u>17,2</u> 33,5
Фабіан 110 г/га	<u>1424</u> 1688	<u>202</u> 239	<u>16,8</u> 32,6
Фабіан 90 г/га + Регоплант 50 мл/га	<u>1516</u> 1798	<u>220</u> 260	<u>21,4</u> 35,0
Фабіан 100 г/га + Регоплант 50 мл/га	<u>1502</u> 1782	<u>217</u> 257	<u>19,5</u> 33,9
Фабіан 110 г/га + Регоплант 50 мл/га	<u>1481</u> 1757	<u>211</u> 250	<u>18,8</u> 32,9
Ризобофіт 100 мл + Регоплант 250 мл/т (фон)	<u>1608</u> 1907	<u>273</u> 323	<u>28,9</u> 37,8
Фон + Регоплант 50 мл/га	<u>1618</u> 1919	<u>248</u> 294	<u>31,1</u> 40,0
Фон + Фабіан 90 г/га	<u>1616</u> 1916	<u>255</u> 303	<u>35,6</u> 41,8
Фон + Фабіан 100 г/га	<u>1597</u> 1893	<u>250</u> 296	<u>32,2</u> 40,7
Фон + Фабіан 110 г/га	<u>1579</u> 1872	<u>245</u> 290	<u>29,4</u> 39,6
Фон + Фабіан 90 г/га + Регоплант 50 мл/га	<u>1691</u> 2005	<u>267</u> 316	<u>38,4</u> 45,0
Фон + Фабіан 100 г/га + Регоплант 50 мл/га	<u>1679</u> 1991	<u>262</u> 310	<u>36,6</u> 42,4
Фон + Фабіан 110 г/га + Регоплант 50 мл/га	<u>1661</u> 1970	<u>256</u> 303	<u>36,1</u> 41,8
<i>НІР₀₅</i>	<u>103–186</u> 94–200	<u>5–18</u> 4–11	<u>2,4–7,2</u> 0,8–2,2

Примітка: * над ризкою – 10 доба після застосування препаратів; під ризкою – 20 доба після застосування препаратів

В середньому за роки досліджень у варіантах досліду з використання МП Ризобофіт, РРР Регоплант та гербіциду Фабіан, чисельність целюлозуруйнівних бактерій була вищою, ніж на контролі I й істотно не знижувалась зі збільшенням норм гербіциду, що засвідчує високу стійкість спорових форм мікроорганізмів до дії пестицидів. Так, за внесення гербіциду Фабіан у нормах 90–110 г/га чисельність целюлозуруйнівних мікроорганізмів зростала на 11–8 %, тоді як за сумісного застосування цих же норм гербіциду із РРР Регоплант 50 мл/га – на 16–13 % проти контролю I.

За використання передпосівної обробки насіння сумішшю МП Ризобофіт 100 мл і РРР Регоплант 250 мл/т чисельність целюлозуруйнівних мікроорганізмів перевищила показники контрольного варіанту (I) на 22 %. Внесення РРР по фоні забезпечило зростання їх кількості на 23 % проти контролю I. Найбільшу чисельність целюлозуруйнівних бактерій на 10-ту добу після внесення препаратів було відмічено за використання передпосівної обробки насіння МП Ризобофіт 100 мл з РРР Регоплант 250 мл/т за наступного посходового внесення гербіциду Фабіан у нормі 90 г/га сумісно з РРР Регоплант 50 мл/га, де перевищення у порівнянні з контролем I склало 29 %.

У посівах сої поряд з асоціативними азотфіксувальними мікроорганізмами до складу мікробних ценозів входять види бактерій, які здатні розкладати азотовмісні органічні речовини. Процес розкладу цих речовин контролюють амоніфікатори [78].

Аналізуючи розвиток амоніфікуючих мікроорганізмів у посівах сої, було встановлено, що найбільша їх чисельність формувалась у 2014 році, у 2013 та 2015 році низька кількість опадів та висока температура негативно впливали на розвиток досліджуваних мікроорганізмів. Перший облік амоніфікуючих мікроорганізмів показав, що проведення ручних прополовань упродовж вегетаційного періоду (контроль II) сприяло їх зростанню на 7 %. На 10-ту добу після внесення РРР Регопланту кількість амоніфікаторів зросла на 35 % проти контрольного варіанту (I). За внесення гербіциду Фабіан 90–110 г/га було встановлено, що із наростанням норм гербіциду їх чисельність

знижувалась, проте на 46–40 % перевищувала контроль І. Подібна залежність простежувалась і за сумісного використання гербіциду Фабіан у тих же нормах з РРР Регоплант, де чисельність амоніфікуючих бактерій була вищою порівняно з контролем на 53–47 %.

Проведення передпосівної обробки насіння сумішшю МП Ризобофіт 100 мл з РРР Регоплант 250 мл/т позитивно вплинуло на розвиток амоніфікуючих мікроорганізмів, де їх кількість зросла на 90 %, тоді як за посходового внесення РРР Регоплант по фоні – на 72 % проти контрольного варіанту (І). Обробка посівів гербіцидом Фабіан у нормах 90–110 г/га на фоні передпосівної обробки насіння сприяла зростанню кількості амоніфікуючих мікроорганізмів на 77–70 %. За сумісного застосування тих же норм гербіциду Фабіан з РРР Регоплант 50 мл/га на фоні передпосівної обробки МП із РРР було відмічено зростання їх чисельності на 85–78 %.

Збільшення кількості амоніфікуючих мікроорганізмів у ризосфері сої свідчить про пришвидшення процесів трансформації органічної речовини, при цьому мінеральний азот переходить в доступні форми для живлення рослин та включається в процеси метаболізму мікроорганізмів [243].

Аміак, що утворюється у процесі амоніфікації, є субстратом для іншої групи мікроорганізмів – нітрифікаторів, які виконують функцію окиснення амонію в доступні для рослин і корисної мікробіоти форми – нітрати [78].

За обліку чисельності нітрифікуючих мікроорганізмів (табл. 3.10, Додаток Д, табл. Д.3) на 10–ту добу після застосування досліджуваних препаратів було встановлено, що нітрифікатори є досить чутливими до дії гербіциду і їх чисельність знижувалась із наростанням норм внесення гербіциду Фабіан 90–110 г/га, збільшення відносно контролю І їх чисельність була більшою на 21–8 %. Внесення тих же норм гербіциду сумісно з РРР Регоплант 50 мл/га сприяло зростанню кількості нітрифікаторів у ризосфері сої проти контрольного варіанту (І) на 38–21 %.

Причиною зниження чисельності та фізіолого-біохімічної активності нітрифікаторів може бути їхня висока чутливість до водорозчинних

органічних речовин, концентрація яких суттєво підвищується у результаті мікробіологічної деградації хімічних сполук [244].

За обробки насіння сумішшю МП Ризобофіт 100 мл з PPP Регоплант 250 мл/т кількість нітрифікаторів у ризосфері сої зростала на 87 %, а за посходового внесення PPP Регоплант 50 мл/т по даному фону – удвічі відносно контрольного варіанту (І). Із наростанням норм гербіциду Фабіан з 90 до 110 г/га, внесених по фону, відбувалось зниження кількості нітрифікаторів, проте їх чисельність зростала у 2,3 та 1,9 рази відносно контролю І.

На 20–ту добу після застосування досліджуваних препаратів було встановлено, що розвиток еколого-трофічних груп мікроорганізмів мав подібну залежність, як і на 10–ту добу, залежно від норм і способів внесення препаратів, проте їх чисельність значно зростала. Так, найвищий розвиток еколого-трофічних груп мікроорганізмів було відмічено на фоні передпосівної обробки насіння сумішшю МП Ризобофіт 100 мл з PPP Регоплант 250 мл/т – 89 % відносно контрольного варіанту (І). Застосування гербіциду Фабіан 90–110 г/га як окремо, так і в суміші з PPP Регоплант 50 мл/т по фону сприяло зростанню проти контролю І кількості целюлозоруйнівних мікроорганізмів на 23–20 % та 29–27 %; амоніфікаторів – на 77–69 % та 85–78 %; нітрифікуючих мікроорганізмів – 54–46 % і 65–54 % відповідно.

Таким чином, розвиток еколого-трофічних груп мікроорганізмів ризосфери сої залежить від погодних умов, видів, норм і способів застосування досліджуваних препаратів. Целюлозоруйнівні та амоніфікуючі мікроорганізми виявились менш чутливими до дії гербіциду ніж нітрифікуючі, проте із наростанням норм гербіциду їх чисельність зменшувалась, але водночас була вищою від показників контрольного варіанту (І).

Підвищення кількості мікроорганізмів різних еколого-трофічних груп у ризосфері сої може свідчити про створення для їх розвитку позитивних умов, зокрема з боку бульбочкових бактерій, які, фіксуючи азот, стимулюють ростові і фотосинтетичні процеси в рослинах сої, чим створюють покращення умов живлення для ризосферної мікробіоти [245]. Інтегроване застосування у

посівах сої МП Ризобофит 100 мл + PPP Регоплант 250 мл/т + гербіцид Фабіан 90 г/га + PPP Регоплант 50 мл/т сприяє підвищенню функціонування екологічно-трофічних груп мікроорганізмів ризосфери сої: целюлозоруйнівних на 29–28 %; амоніфікуючих – на 85–84 % та нітрифікуючих – 148–165 % згідно обліків.

2.7. Активність основних ґрунтових ферментів

Важливу роль у збагаченні ґрунту рухомими і доступними для рослин поживними речовинами відіграють ферменти, завдяки яким можна більш чітко охарактеризувати спрямованість у ґрунті мікробних процесів [96, 246]. Джерелом для функціонування ферментів у ґрунті є рослинні залишки, перетворення яких проходить в прямій залежності від життєдіяльності мікроорганізмів і складу мікробних угруповань [247], тому будь-які зміни в мікробіоценозі ґрунту відображаються на його ферментативній активності [248].

Дослідження ґрунтових ферментів дозволяє більш чітко охарактеризувати біологічну активність ґрунтів [249], при цьому рівень зміни активності ферментних систем дозволяє з'ясувати роль ензимів у формуванні стійкості біоти до екзогенного впливу [250]. Очевидно, що збільшення числа ризосферних мікроорганізмів призводить до активізації трансформаційних процесів у ґрунті.

Одним із найважливіших ферментів є каталаза, вона бере участь у розкладанні перекису водню, що утворюється у процесі дихання та біохімічного окиснення органічних речовин у ґрунті, на воду та молекулярний кисень [251]. Інвертазна та каталазна активність корелює з кількістю гумусу та вуглеводів у ґрунті і дозволяє охарактеризувати інтенсивність двох процесів: дихання ґрунту і перетворення в ньому сполук вуглецю [247]. На кожній стадії трансформації азотоорганічних сполук – амоніфікації та

нітрифікації беруть участь протеолітичні ферменти, які слугують пусковим механізмом у процесі перетворення білків на доступні амінокислоти [252].

У літературі фактично відсутні дані стосовно впливу препаратів різної фізіологічної дії на активність основних ферментів ґрунту, зокрема щодо впливу інтегрованого застосування МП Ризобофіт, РРР Регоплант та гербіциду Фабіан на активність каталази, інвертази та протеази у посівах сої.

Як показали одержані нами експериментальні дані (табл. 2.11), активність ґрунтових ферментів у досліді залежала від норм внесення гербіциду та комбінування їх застосування з біологічними препаратами, погодних умов, які склалися у роки виконання досліджень. Найвища ФА була зафіксована у 2014р., в інші роки вона виявилась нижчою, що пов'язано з нестачею вологи та високою температурою у період вегетації культури.

У середньому за роки досліджень на 10-ту добу після обприскування посівів сої гербіцидом Фабіан у нормах 100–110 г/га протеазна активність була нижчою на 6–7 % за контрольний варіант (І), проте за внесення 90 г/га вона зростала на 2 %. Застосування досліджуваних норм гербіциду позитивно вплинуло на інвертазну і каталазну активність, де зростання відповідно до контролю І складало 5–2 % і 12–10 % відповідно. Інтегроване внесення гербіциду Фабіан 90–110 г/га з РРР Регоплант 50 мл/га стимулювало на 20–16 % – активність каталази, 22–13 % – протеази, 5–13 % – інвертази.

Передпосівна обробка насіння сумішшю препаратів Ризобофіту 100 мл й Регопланту 50 мл/т забезпечила зростання активності ферментів ґрунту на 17 % – для інвертази, на 30 % – каталази та на 47% – для протеази.

Таблиця 2.11

Ферментативна активність ґрунту у посівах сої за використання гербіциду Фабіан, РРР Регоплант і МП Ризобофіт (середнє за 2013-2105 рр.)

Варіант досліджу	Каталаза, мл 0,1 н КМnO ₄ за 20 хв		Інвертаза, мг глюкози/100 г ґрунту		Протеаза, мг аміачного азоту/100 г ґрунту	
	10-та доба	20-та доба	10-та доба	20-та доба	10-та доба	20-та доба
Без застосування препаратів (контроль I)	1,51	4,10	34,6	48,8	0,45	0,68
Ручні прополювання упродовж вегетаційного періоду (контроль II)	1,88	4,11	33,6	48,8	0,49	0,71
Регоплант 50 мл/га	1,54	4,07	37,0	50,9	0,5	0,77
Фабіан 90 г/га	1,69	4,45	36,4	53,5	0,46	0,69
Фабіан 100 г/га	1,66	4,44	36,1	52,9	0,43	0,65
Фабіан 110 г/га	1,67	4,39	35,4	52,2	0,42	0,64
Фабіан 90 г/га + Регоплант 50 мл/га	1,81	4,72	36,7	54,5	0,55	0,79
Фабіан 100 г/га + Регоплант 50 мл/га	1,77	4,65	36,1	54,4	0,52	0,77
Фабіан 110 г/га + Регоплант 50 мл/га	1,76	4,66	39,2	54,6	0,51	0,76
Ризобофіт 100 мл + Регоплант 250 мл/т (фон)	1,96	5,15	40,6	56,1	0,66	0,85
Фон + Регоплант 50 мл/га	1,95	5,19	40,1	55,8	0,69	0,87
Фон + Фабіан 90 г/га	2,16	5,36	42,3	59,1	0,65	0,84
Фон + Фабіан 100 г/га	2,12	5,47	41,9	58,7	0,63	0,82
Фон + Фабіан 110 г/га	2,11	5,43	41,1	57,8	0,61	0,8
Фон + Фабіан 90 г/га + Регоплант 50 мл/га	2,26	6,10	44,4	61,2	0,73	0,9
Фон + Фабіан 100 г/га + Регоплант 50 мл/га	2,23	5,91	44,0	60,7	0,71	0,89
Фон + Фабіан 110 г/га + Регоплант 50 мл/га	2,27	5,95	43,6	60,3	0,69	0,88
<i>НІР₀₅</i>	<i>0,12-0,25</i>	<i>0,06-0,32</i>	<i>1,1-2,5</i>	<i>2,0-4,3</i>	<i>0,03-0,12</i>	<i>0,01-0,10</i>

За посходового застосування РРР Регоплант 50 мл/га по фоні активізація протеази склала 53%, інвертази і каталази – 16 і 29 % відповідно.

Активність інвертази за внесення гербіциду Фабіан у нормах 90–110 г/га зростала на 22–18 %; каталази – на 44–40 % і протеази – на 44–35 % проти контрольного варіанту (І). Найвищу ФА було відмічено у варіанті Фабіан 90 г/га, внесеного разом з РРР Регоплант 50 мл/га, на фоні передпосівної обробки насіння сумішшю Ризобофіту 100 мл й Регопланту 250 мл/т, де перевищення контролю І по інвертазі складало 28 %, по каталазі – 50 %, по протеазі – 62 %.

Найвища ферментативна активність у цих варіантах досліду, очевидно, є наслідком зростання трансформаційних процесів у ґрунті, які за інтегрованої дії хімічних і біологічних препаратів підсилюються [96, 253].

Активність ферментів на 20–ту добу після застосування препаратів також змінювалась залежно від роздільного та поєднаного застосування біологічних та хімічних препаратів. Так, за використання Фабіану у нормах 90–110 г/га активність каталази проти контролю І зростала на 9–7 %, інвертази – 10–7 %, тоді як протеазна активність за норм 100–110 г/га була нижчою за контрольний варіант (І) на 4–6 %. За обприскування рослин сої тими ж нормами гербіциду сумісно з РРР Регоплант 50 мл/га активність каталази у порівнянні з контролем І збільшувалась на 15–14 %, інвертази – 12–11 %, протеази – 16–12 % відповідно.

За передпосівної обробки насіння МП Ризобофітом 100 мл з РРР Регоплант 250 мл/т активність усіх ферментів істотно зростала. Так, активність каталази проти контролю І збільшувалась на 26 %, інвертази – на 15 %, протеази – на 25 %; за обприскування посівів РРР Регоплант 50 мл/га по фоні відмічалось зростання активності каталази на 26 %, інвертази на 14 %, протеази – на 28 %.

Встановлено, що найвищі показники ФА були відмічені за передпосівної обробки насіння сумішшю МП Ризобофіт 100 мл і РРР Регоплант 250 мл/т з посходовим внесенням гербіциду Фабіан 90 г/га з РРР Регоплантом 50 мл/га,

де зростання проти контролю I каталази складало 48 %, інвертази – 28 % та протеази – 62 %.

Таким чином, у результаті виконаних досліджень встановлено, що активність ґрунтових ферментів залежала від комплексу чинників, зокрема погодних умов, які складались у роки проведення досліджень, функціонування і розвитку ризосферної мікробіоти та норм і способів застосування досліджуваних препаратів. За наростання норм внесення гербіциду Фабіан до 110 г/га активність усіх досліджуваних ферментів знижувалась, проте у порівнянні до контролю I залишалась високою. Найвища ФА ґрунту в посівах сої відмічалась за інтегрованого застосування МП Ризобофіт 100 мл і РРР Регоплант 250 мл/т для передпосівної обробки насіння з посходовим внесенням суміші гербіциду Фабіан 90 г/га з РРР Регоплантом 50 мл/т, що узгоджується із високою чисельністю загальної мікробіоти ризосфери сої та окремих її фізіологічних груп. Підтвердженням цьому є виконаний кореляційний аналіз між узагальненими показниками чисельності мікробіоти в ризосфері сої та ферментативної активності ґрунту, де коефіцієнт прямої кореляції склав $r=0,73$, що характеризує його як високий.

Таким чином, проведені дослідження дають підставу до мікробіологічного обґрунтування основ взаємодії біологічних та хімічних препаратів у сумішах, що в підсумку виражається в антидотному впливі МБ і РРР у відношенні дії гербіциду. Окремі механізми такої дії розкрито в працях [254–260].

3. БІОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ В РОСЛИНАХ СОЇ ЗА ДІЇ ГЕРБІЦИДУ ФАБІАН, РЕГУЛЯТОРА РОСТУ РОСЛИН РЕГОПЛАНТ ТА МІКРОБНОГО ПРЕПАРАТУ РИЗОБОФІТ

Проблема інтегрованого застосування гербіцидів з біологічними препаратами потребує всебічного вивчення. Зокрема, необхідно підвищити рівень теоретичних знань про вплив даних сумішей на рослинний організм, глибше дослідити природу і механізм їх дії на фізіолого-біохімічні, морфологічні і анатомічні зміни в культурних рослинах. Значну увагу слід приділити питанням впливу симбіотичної азотфіксації на фізіологічні зміни у рослинах, дослідженні шляхів сприйняття рослиною екзогенних та ендогенних сигналів і їх трансформації у відповідні фізіологічні реакції, які лежать в основі життєдіяльності рослин, формуванні високої продуктивності посівів і якості врожаю [261].

3.1. Анатоми-морфологічні зміни у рослинах

Відомо, що активність фізіологічних процесів у рослинах і їх продуктивність залежать від роботи фотоактивної асиміляційної поверхні. Однак залежно від ступеня впливу різних агротехнічних заходів на рослинний організм, ріст і розвиток листкового апарату може змінюватись, що, в свою чергу, впливає на накопичення органічних речовин у процесі фотосинтезу і продуктивність посівів [262, 263].

Дія гербіцидів на окремих стадіях росту і розвитку клітини позначається на анатомічній і морфологічній будові як окремих клітин, тканин, так і рослини в цілому. Тому анатомічна і морфологічна будова рослин, з одного боку, певною мірою визначає вибірковість дії гербіцидів у початковий період після їх внесення, з іншого – може слугувати важливим показником, який відображає механізм дії, ступінь та глибину впливу препаратів на рослинний організм [195].

Рядом авторів [191, 264, 265] встановлено, що під дією гербіцидів і РРР анатомічна структура епідермісу листків та провідної системи стебла рослин змінюється відповідно до норм застосування препаратів. Про це свідчить зменшення кількості епідермальних клітин за одночасного зростання площі однієї клітини [190]. Дослідженнями О. В. Голодриги [192] встановлено, що сумісне застосування гербіцидів з РРР позитивно впливає на адаптаційні механізми сої щодо стресових чинників.

Як свідчить аналіз літературних джерел, дані щодо впливу гербіцидів на анатомо-морфологічні показники сільськогосподарських культур зустрічаються поодинокі. Разом з тим у літературі практично не розкритими залишаються питання впливу на формування анатомо-морфологічної будови рослин сої біологічних препаратів, внесених у поєднанні з гербіцидами, що значно звужує уяву про механізм дії фізіологічно активних речовин на формування продуктивності посівів.

У результаті проведених анатомічних досліджень (табл. 3.1) встановлено, що формування анатомічної будови листків та стебел рослин сої залежало від норм і способів застосування досліджуваних препаратів та погодних умов, які складались у роки проведення досліджень. Зокрема встановлено, що кількість клітин епідермісу листків сої зменшувалась за застосування гербіциду як окремо, так і сумісно з РРР, але при цьому їх площа збільшувалась. Так, аналізуючи кількість клітин епідермісу 1 мм² поверхні листка, було встановлено, що у 2013 році за дії гербіциду Фабіан у нормах 90, 100 і 110 г/га їх кількість відносно норм препарату зменшувалась і складала 168, 175 і 184 шт./мм² відповідно при 215 шт./мм² у контролі І.

При застосуванні тих же норм гербіциду із РРР Регоплант 50 мл/га також спостерігалось зменшення кількості клітин, яке складало 147, 153 та 166 шт./мм² відповідно. У варіанті, де застосовувались лише ручні прополювання (контроль ІІ), кількість клітин на 1 мм² формувалась, при 215 шт./мм² у контролі І.

Анатомічна будова епідермісу листкового апарату сої за використання гербіциду Фабіан, РРР Регоплант та МП Ризобофіт, 2013 рік

Варіант досліджу	Кількість клітин на 1 мм ² , шт.	Розміри однієї клітини, μm		Площа клітини епідермісу, μm ²	K _m
		довжина	ширина		
Без застосування препаратів (контроль I)	215	24,3	8,3	202	1,0
Ручні прополювання упродовж вегетаційного періоду (контроль II)	204	24,5	8,5	208	0,95
Регоплант 50 мл/га	191	25,1	8,8	221	0,89
Фабіан 90 г/га	168	25,8	10,5	271	0,78
Фабіан 100 г/га	175	26,1	10,3	269	0,81
Фабіан 110 г/га	184	25,3	10,0	253	0,86
Фабіан 90 г/га + Регоплант 50 мл/га	147	26,3	11,8	310	0,68
Фабіан 100 г/га + Регоплант 50 мл/га	153	26,6	11,7	311	0,72
Фабіан 110 г/га + Регоплант 50 мл/га	166	27,2	11,2	305	0,77
Ризобофіт 100 мл + Регоплант 250 мл/т (фон)	206	26,5	8,3	220	0,96
Фон + Регоплант 50 мл/га	173	23,8	9,7	231	0,80
Фон + Фабіан 90 г/га	160	24,2	12,2	295	0,78
Фон + Фабіан 100 г/га	164	24,6	11,9	293	0,76
Фон + Фабіан 110 г/га	168	25,9	11,4	295	0,74
Фон + Фабіан 90 г/га + Регоплант 50 мл/га	149	26,4	13,0	343	0,69
Фон + Фабіан 100 г/га + Регоплант 50 мл/га	153	26,0	12,8	333	0,71
Фон + Фабіан 110 г/га + Регоплант 50 мл/га	155	25,9	12,5	324	0,72
<i>HIP₀₅</i>	<i>5,0</i>	<i>1,3</i>	<i>0,5</i>	<i>5,0</i>	–

Зменшення кількості клітин епідермісу листків сої супроводжувалось збільшенням їх розмірів, зокрема площі. Так, при внесенні Фабіану в нормах 90, 100 і 110 г/га спостерігалось збільшення довжини клітини на 1,5; 1,8 та 1

μm , ширини – на 2,2; 2 та 1,7 μm відповідно до контролю I. При сумісному застосуванні тих же норм гербіциду з РРР Регоплант 50 мл/га довжина клітин формувалась на рівні 26,4; 26,6 та 27,2 μm з шириною 11,8; 11,7 і 11,2 μm , при розмірі клітин контрольного варіанту (I) 24,3 та 8,3 μm . Найбільші розміри клітин формувались у варіантах сумісного внесення гербіциду Фабіан 90, 100 та 110 г/га з РРР Регоплант 50 мл/га на фоні передпосівної обробки насіння МП Ризобофит 100 мл з Регоплантом 250 мл/т, де середня довжина клітини складала 26,3; 26,0 і 25,9 μm відповідно, а ширина 13,0; 12,8 та 12,5 μm за НІР₀₅ 1,3 і 0,5 μm .

За сумісного внесення гербіциду Фабіан у нормах 90, 100 і 110 г/га з РРР Регоплант у нормі 50 мл/га площа клітини складала 310, 311 та 305 μm^2 відповідно до норм внесення за НІР₀₅ 5 μm^2 . Істотно збільшувалась площа клітини у варіантах де застосовувалась передпосівна обробка насіння МП Ризобофит 100 мл з РРР Регоплант 250 мл/т. Так, у варіанті сумісного застосування гербіциду Фабіан у нормах 90, 100 і 110 г/га з Регоплантом 50 мл/га на фоні передпосівної обробки насіння сумішшю МП Ризобофит 100 мл й РРР Регоплант 250 мл/т формувалась найменша кількість клітин 149, 153 та 155 шт./мм², разом з тим їх площа була найбільшою і становила 343, 333 та 324 μm^2 відповідно.

Одержані дані дають підставу стверджувати, що на фоні передпосівної обробки насіння МП Ризобофит з РРР Регоплант формується мезоморфний тип листового апарату. Це можна пояснити послабленням негативної дії гербіцидного агента за рахунок антидотних властивостей біопрепаратів.

Аналогічні до 2013 року дані у формуванні анатомічної структури епідермісу листового апарату сої були отримані нами і у 2014 році (табл. 3.2).

Так, у контрольному варіанті (I) формувалась найбільша кількість клітин 200 шт./мм², проте їх площа була найменшою і становила 189 μm^2 . У варіанті посходового застосування РРР Регоплант 50 мл/га кількість клітин становила 196 шт./мм² з площею 190 μm^2 при K_m 0,98. Внесення гербіциду Фабіан у нормах 90, 100 та 110 г/га сумісно з РРР Регоплант 50 мл/га призвело до

збільшення розмірів клітини на 1,9; 2,4 та 3,1 μm по ширині і на 3,6; 3,4 й 2,9 μm по довжині відносно контрольного варіанту (I).

Таблиця 3.2

Анатомічна будова епідермісу листкового апарату сої за використання гербіциду Фабіан, РРР Регоплант та МП Ризобофіт, 2014 рік

Варіант досліджу	Кількість клітин на 1 мм^2 , шт.	Розміри однієї клітини, μm		Площа клітини епідермісу, μm^2	K_m
		довжина	ширина		
Без застосування препаратів (контроль I)	200	23,6	8,0	189	1,0
Ручні прополювання упродовж вегетаційного періоду (контроль II)	184	24,4	8,5	207	0,92
Регоплант 50 мл/га	196	24,1	7,9	190	0,98
Фабіан 90 г/га	157	25,8	10,0	258	0,79
Фабіан 100 г/га	160	25,6	10,2	261	0,82
Фабіан 110 г/га	179	24,8	9,9	246	0,90
Фабіан 90 г/га + Регоплант 50 мл/га	148	25,5	11,6	296	0,74
Фабіан 100 г/га + Регоплант 50 мл/га	151	26,0	11,4	296	0,76
Фабіан 110 г/га + Регоплант 50 мл/га	153	26,7	10,9	291	0,77
Ризобофіт 100 мл + Регоплант 250 мл/т (фон)	195	26,1	9,2	240	0,97
Фон + Регоплант 50 мл/га	170	24,0	9,5	228	0,85
Фон + Фабіан 90 г/га	157	23,5	12,1	284	0,81
Фон + Фабіан 100 г/га	160	23,7	11,9	282	0,80
Фон + Фабіан 110 г/га	163	24,1	11,7	282	0,79
Фон + Фабіан 90 г/га + Регоплант 50 мл/га	142	26,2	13,3	349	0,71
Фон + Фабіан 100 г/га + Регоплант 50 мл/га	149	25,9	12,4	321	0,74
Фон + Фабіан 110 г/га + Регоплант 50 мл/га	150	25,7	12,0	308	0,75
<i>HIP</i> ₀₅	6,0	0,7	0,3	2,0	—

За передпосівної обробки насіння сумішшю МП Ризобофіт 100 мл з Регоплантом 250 мл/т кількість клітин на мм^2 зростала відносно контролю І лише на 5 шт., тоді як площа збільшувалась на $51 \mu\text{m}^2$ при K_m 0,97. Найменша кількість клітин епідермісу на одиниці поверхні листка (142 шт./мм^2) формувалась у варіанті Фабіан 90 г/га з РРР Регоплант 50 мл/га на фоні передпосівної обробки насіння МП Ризобофіт 100 мл з Регоплантом 250 мл/т, що відповідало найбільшій площі клітини – $349 \mu\text{m}^2$ при K_m 0,71. Високий K_m був відмічений у варіантах внесення гербіциду Фабіан 90–110 г/га як на фоні, так і без застосування передпосівної обробки насіння – 0,79–0,90 та 0,81–0,79 відповідно.

Дослідженнями В. П. Карпенка [185] встановлено, чим менша кількість клітин формується на одиниці поверхні листка, тим вони мають більші розміри і площу, водночас при цьому K_m (коефіцієнт морфоструктури) має мінімальне значення. Нами виявлено, що у всіх варіантах досліджу, де застосовувався гербіцид Фабіан сумісно з РРР Регоплант формувалась мезоморфний тип листка.

Отримані у 2015 році дані з формування анатомічної будови листкового апарату сої характеризувалась найменшими показниками за роки досліджень. У 2015 році розміри однієї клітини відзначались збільшенням довжини та зменшенням ширини, проте їх площа була найменшою за роки досліджень.

Так, найменша кількість клітин 138, 140 та 144 на 1 мм^2 формувалась у варіантах Фабіан 90, 100 та 110 г/га з РРР Регоплант 50 мл/га на фоні передпосівної обробки насіння МП Ризобофіт 100 мл з Регоплантом 250 мл/т, що відповідало найбільшій площі клітини $296, 288$ і $284 \mu\text{m}^2$, при K_m 0,7; 0,71 і 0,73 (табл. 3.3).

Узагальнені дані досліджень морфоструктури епідермісу листка за дії гербіцидів різних хімічних класів та їх комплексів з біологічно активними речовинами показують, що оптимальний за будовою листковий апарат сої формується при K_m 0,7–0,9, тоді як при K_m 0,9–1,0 і вище формується

листяний апарат з ознаками ксерофітності, що призводить до зменшення площі листків і зниження продуктивності їх роботи [195].

Таблиця 3.3

Анатомічна будова епідермісу листкового апарату сої за використання гербіциду Фабіан, РРР Регоплант та МП Ризобофіт, 2015 рік

Варіант досліджу	Кількість клітин на 1 мм ² , шт.	Розміри однієї клітини, μm		Площа клітини епідермісу, μm ²	K _м
		довжина	ширина		
Без застосування препаратів (контроль I)	197	22,8	6,9	157	1
Ручні прополювання упродовж вегетаційного періоду (контроль II)	183	23,2	7,4	172	0,93
Регоплант 50 мл/га	190	23,5	7,6	179	0,96
Фабіан 90 г/га	160	24,6	8,7	214	0,81
Фабіан 100 г/га	165	24,3	8,2	199	0,84
Фабіан 110 г/га	174	24,6	8,0	197	0,88
Фабіан 90 г/га + Регоплант 50 мл/га	143	25,2	9,2	232	0,73
Фабіан 100 г/га + Регоплант 50 мл/га	150	25,0	9,0	225	0,76
Фабіан 110 г/га + Регоплант 50 мл/га	156	24,8	8,9	221	0,79
Ризобофіт 100 мл + Регоплант 250 мл/т (фон)	193	25,6	9,4	242	0,98
Фон + Регоплант 50 мл/га	164	25,9	9,9	256	0,83
Фон + Фабіан 90 г/га	155	26,5	10,5	278	0,79
Фон + Фабіан 100 г/га	166	26,3	10,3	271	0,84
Фон + Фабіан 110 г/га	163	26,2	10,0	262	0,83
Фон + Фабіан 90 г/га + Регоплант 50 мл/га	138	26,9	11,0	296	0,70
Фон + Фабіан 100 г/га + Регоплант 50 мл/га	140	26,7	10,8	288	0,71
Фон + Фабіан 110 г/га + Регоплант 50 мл/га	144	26,5	10,7	284	0,73
<i>НІР₀₅</i>	5,0	0,45	0,23	2	-

Застосування гербіциду та біологічних препаратів по-різному вплинуло на формування анатомічної структури провідних тканин стебла сої (табл. 3.4).

Таблиця 3.4

Анатомічна будова судинно-волокнистих пучків стебла сої за використання гербіциду Фабіан, РРР Регоплант та МП Ризобофіт (середнє за 2013-2015 рр., вегетаційний дослід)

Варіант досліді	Кількість судинно-волокнистих пучків, шт.	Кількість судин у судинно-волокнистом у пучку, шт.
Без застосування препаратів (контроль I)	6,35	17,45
Ручні прополювання упродовж вегетаційного періоду (контроль II)	7,15	21,95
Регоплант 50 мл/га	6,65	20,00
Фабіан 90 г/га	7,70	23,70
Фабіан 100 г/га	7,45	23,35
Фабіан 110 г/га	7,30	23,05
Фабіан 90 г/га + Регоплант 50 мл/га	8,10	25,45
Фабіан 100 г/га + Регоплант 50 мл/га	7,80	24,75
Фабіан 110 г/га + Регоплант 50 мл/га	7,75	24,60
Ризобофіт 100 мл + Регоплант 250 мл/т (фон)	8,00	25,85
Фон + Регоплант 50 мл/га	7,90	25,50
Фон + Фабіан 90 г/га	8,75	26,45
Фон + Фабіан 100 г/га	8,55	26,25
Фон + Фабіан 110 г/га	8,50	25,90
Фон + Фабіан 90 г/га + Регоплант 50 мл/га	9,15	27,30
Фон + Фабіан 100 г/га + Регоплант 50 мл/га	8,95	26,60
Фон + Фабіан 110 г/га + Регоплант 50 мл/га	8,80	26,55
<i>НІР₀₅</i>	<i>0,14–0,21</i>	<i>1,02–1,14</i>

Так, у середньому за роки досліджень кількість судинно-волокнистих пучків на поперечному зрізі стебла у контролі I складала 6,35 шт., тоді як у варіанті Фабіан 90, 100 і 110 г/га – 7,7; 7,45 та 7,3 шт. відповідно, а в тих же варіантах досліді, але з сумісним застосуванням Регопланту – 8,1; 7,75 і 8,0 шт. Найбільша кількість судинно-волокнистих пучків формувалась у варіантах з внесенням бакових сумішей гербіциду Фабіан 90 100 і 110 г/га з РРР Регоплант 50 мл/га на фоні передпосівної обробки насіння МП Ризобофіт

100 мл з РРР Регоплант 250 мл/т – 9,15; 8,95 та 8,8 шт. відповідно (НІР₀₅ 0,14–0,21 шт.).

Зі збільшенням кількості судинно-волокнистих пучків простежувалось збільшення і кількості судин у них. Так, за внесення гербіциду Фабіан у нормах 90, 100 і 110 г/га кількість судин у судинно-волокнистих пучках складала 23,7; 23,35 та 23,05 шт. при 17,45 шт. у контролі І. Сумісне внесення досліджуваних норм гербіциду з Регоплантом 50 мл/га сприяло збільшенню кількості судин у судинно-волокнистих пучках на 11,0; 7,3; і 7,15 шт. до контролю І. Кількість судин у варіантах сумісного внесення гербіциду у досліджуваних нормах із РРР Регоплат 50 мл/т на фоні передпосівної обробки насіння сумішшю МП Ризобофіт 100 мл з Регоплантом 250 мл/т склала 27,30; 26,60 та 26,55 шт. відповідно, що на 56; 52 і 52 % перевищувало контроль І за НІР₀₅ 1,02–1,14 шт.

Застосування гербіциду і біологічних препаратів сприяло зміні структури судинно-волокнистих пучків: збільшувалась кількість судин та зростала і їх площа, що, очевидно, сприяло поліпшенню процесів водообміну і живлення рослин.

Отже, інтегроване застосування гербіциду та біологічних препаратів впливає на формування анатомічної структури листків і стебла сої. Оптимальний за морфоструктурою листковий апарат сої формується за дії гербіциду Фабіан у нормах 90–110 г/га сумісно з РРР Регоплант у нормі 50 мл/га на фоні передпосівної обробки насіння МП Ризобофіт у нормі 100 мл з Регоплантом у нормі 250 мл/т, де K_m складає 0,7–0,73, що відповідає мезоморфному типу листків, характерних для найбільш продуктивних посівів. Вищезазначені суміші забезпечують формування в рослинах сої найбільшої кількості судинно-волокнистих пучків (44–39 % відносно контролю І) та кількості судин у них (56–52 % відносно контролю І), що дає підставу стверджувати про покращення умов надходження в рослини води і поживних речовин.

3.2. Формування листкового апарату

Підвищення врожайності сільськогосподарських культур відбувається за рахунок поліпшення умов інтенсивності та ефективності фотосинтезу [266, 267], в якому першочергове значення відіграє наростання площі листової поверхні та накопичення нею органічної речовини [268].

Регулювання площі листового апарату рослин може бути досягнуто створенням оптимальної структури посіву. Це, в свою чергу, обумовлює основне завдання розміру асиміляційної поверхні рослин – вона повинна повністю покривати поверхню ґрунту впродовж вегетаційного періоду. Однак більшість культур на початку та в другій половині вегетації такого покриття ще не забезпечують [269]. Тому однією із ефективних можливостей більш повного використання фотосинтетично активної радіації є створення умов для прискореного розвитку листового апарату вже на початку вегетаційного періоду за рахунок використання факторів інтенсифікації. Водночас фотосинтетичний апарат рослин досить чутливий до дії різних чинників довкілля, тому сумісне застосування хімічних та біологічних препаратів може мати істотний вплив на формування його розмірів [270]. Зважаючи на це, доцільним було встановити вплив інтегрованого застосування препаратів різної фізіологічної дії на формування площі листової поверхні рослин сої.

У результаті виконаних досліджень встановлено, що площа листків посівів сої у роки проведення досліджень змінювалась залежно від виду, норм та способів внесення препаратів. Так, у фазі бутонізації (табл. 3.5) у контролі I (без застосування препаратів і ручних прополовань) загальна ПЛП становила 12,5; 12,8 і 10,1 тис.м²/га відповідно у 2013, 2014 та 2015 роках.

Застосування ручних прополовань упродовж вегетаційного періоду (контроль II) забезпечило збільшення ПЛПпо роках відповідно на 10; 13 і 14 % відносно контролю I.

Таблиця 3.5

**Формування площі листкової поверхні рослин сої залежно від дії
гербіциду Фабіан, РРР Регоплант та МП Ризобофіт
(фаза бутонізації, тис.м²/га)**

Варіант досліджу	2013 р.	2014 р.	2015 р	Середнє за три роки	% до контро- лю
Без застосування препаратів (контроль I)	12,5	12,8	10,1	11,8	100
Ручні прополювання упродовж вегетаційного періоду (контроль II)	13,8	14,5	11,5	13,3	113
Регоплант 50 мл/га	13,1	13,2	10,3	12,2	103
Фабіан 90 г/га	13,7	13,5	10,1	12,4	105
Фабіан 100 г/га	13,3	13,1	9,9	12,1	103
Фабіан 110 г/га	13,2	12,9	9,6	11,9	101
Фабіан 90 г/га + Регоплант 50 мл/га	15,0	17,0	12,4	14,8	125
Фабіан 100 г/га + Регоплант 50 мл/га	14,6	16,7	12,2	14,5	123
Фабіан 110 г/га + Регоплант 50 мл/га	14,8	16,2	11,6	14,2	120
Ризобофіт 100 мл + Регоплант 250 мл/т (фон)	15,5	18,8	10,8	15,0	127
Фон + Регоплант 50 мл/га	16,0	19,6	11,7	15,7	133
Фон + Фабіан 90 г/га	15,8	18,6	11,2	15,2	129
Фон + Фабіан 100 г/га	15,4	18,0	10,5	14,7	125
Фон + Фабіан 110 г/га	15,3	17,8	10,2	14,4	122
Фон + Фабіан 90 г/га + Регоплант 50 мл/га	17,1	19,6	12,6	16,4	139
Фон + Фабіан 100 г/га + Регоплант 50 мл/га	16,6	19,8	12,5	16,3	138
Фон + Фабіан 100 г/га + Регоплант 50 мл/га	16,8	18,1	12,5	15,8	134
<i>HIP</i> ₀₅	<i>0,12</i>	<i>0,03</i>	<i>0,05</i>	–	–

Посходове застосування РРР Регопланту у нормі 50 мл/га у роки досліджень забезпечило незначне зростання ПЛП – лише на 0,6; 0,4 і 0,2 тис.м²/га, в основному через масову присутність сегетальної рослинності. За обробки рослин сої гербіцидом Фабіан у нормах 90–110 г/га ПЛП в середньому за роки досліджень зростала відносно контролю I на 5–1 %. За сумісного

застосування гербіциду Фабіан 90–110 г/га з РРР Регоплантом 50 мл/га наростання ПЛП відносно контрольного варіанту (І) становило 25–20 %. За передпосівної обробки насіння сумішшю МП Ризобофіт 100 мл з РРР Регоплант 250 мл/т показник ПЛП зростав проти контрольного варіанту (І) на 3,2 тис.м²/га за НІР₀₅ 0,03–0,12 тис.м²/га.

За посходового внесення гербіциду Фабіан 90–110 г/га по фоні найбільша ПЛП формувалась за норми 90 г/га, що перевищувало контроль І відповідно у фазі бутонізації на 29–22 %, за сумісного застосування тих же норм гербіциду Фабіан з РРР Регоплант 50 мл/га по фоні МП Ризобофіт 100 мл з РРР Регоплантом 250 мл/га – на 39–34 % відповідно.

Формування найбільшої ПЛП у цих варіантах досліді узгоджується із зменшенням рівня забур'яненості посівів, за рахунок усунення конкурентних відносин між компонентами агроценозу та з даними, одержаними нами та іншими дослідниками щодо найактивнішої роботи бобово-ризобіального апарату *Glycine max* (L.) Merr. – *Bradyrhizobium japonicum* [96].

У фазі початок цвітіння спостерігалось найбільш інтенсивніше наростання ПЛП, що пов'язано з загальною активізацією ростових процесів рослин сої у цій фазі розвитку. У порівнянні з фазою початок цвітіння, у фазі завершення цвітіння-початок утворення бобів відбувалось незначне зменшення ПЛП, що відбувається за рахунок реутилізації рослинами поживних речовин з більш старих листків, необхідних на формування врожаю та з поступовим їх відмиранням у нижніх ярусах. Так, посходове внесення РРР Регопланту 50 мл/га сприяло наростанню ПЛП до контролю І на 15 % у фазі початок цвітіння, та на 14 % – у фазі завершення цвітіння-початок утворення бобів (табл. 3.6–3.7).

Із збільшенням норми гербіциду Фабіан з 90 до 110 г/га спостерігалось зменшення ПЛП на 14–10 % відносно контролю І.

Таблиця 3.6

**Формування площі листкової поверхні рослин сої залежно від дії
гербіциду Фабіан, РРР Регоплант та МП Ризобофіт
(фаза початок цвітіння, тис.м²/га)**

Варіант досліджу	2013 р.	2014 р.	2015 р	Середнє за три роки	% до контро- лю
Без застосування препаратів (контроль I)	25,3	28,4	24,2	26,0	100
Ручні прополювання упродовж вегетаційного періоду (контроль II)	27,8	30,9	25,7	28,1	108
Регоплант 50 мл/га	31,5	31,9	26,7	30,0	115
Фабіан 90 г/га	29,6	31,3	28,0	29,6	114
Фабіан 100 г/га	29,6	31,0	27,0	29,2	112
Фабіан 110 г/га	30,7	29,7	26,5	29,0	111
Фабіан 90 г/га + Регоплант 50 мл/га	33,8	34,2	32,3	33,4	129
Фабіан 100 г/га + Регоплант 50 мл/га	33,1	33,3	31,5	32,6	125
Фабіан 110 г/га + Регоплант 50 мл/га	31,9	33,4	31,8	32,4	124
Ризобофіт 100 мл + Регоплант 250 мл/т (фон)	35,8	36,4	34,2	35,4	136
Фон + Регоплант 50 мл/га	37,3	37,0	34,5	36,2	139
Фон + Фабіан 90 г/га	38,0	39,2	34,4	37,2	143
Фон + Фабіан 100 г/га	37,4	38,2	33,8	36,5	140
Фон + Фабіан 110 г/га	36,9	37,7	33,6	36,1	139
Фон + Фабіан 90 г/га + Регоплант 50 мл/га	39,9	43,3	35,8	39,7	153
Фон + Фабіан 100 г/га + Регоплант 50 мл/га	39,7	41,1	36,9	39,2	151
Фон + Фабіан 100 г/га + Регоплант 50 мл/га	39,2	40,1	37,0	38,7	149
<i>НІР₀₅</i>	<i>0,21</i>	<i>0,56</i>	<i>0,18</i>	–	–

Сумісне застосування Фабіану 90–110 г/га з РРР Регоплант 50 мл/га сприяло наростанню ПЛП відносно контрольного варіанту (I) у фазі початок цвітіння на 29–24 % та на 26–29 % – у фазі завершення цвітіння-початок утворення бобів.

Таблиця 3.7

**Формування площі листкової поверхні рослин сої залежно від дії
гербіциду Фабіан, РРР Регоплант та МП Ризобофіт
(фаза завершення цвітіння-початок утворення бобів, тис.м²/га)**

Варіант досліджу	2013 р.	2014 р.	2015 р	Середнє за три роки	% до контро- лю
Без застосування препаратів (контроль I)	21,0	24,4	18,2	21,2	100
Ручні прополювання упродовж вегетаційного періоду (контроль II)	22,2	24,7	19,6	22,2	105
Регоплант 50 мл/га	25,7	25,5	21,4	24,2	114
Фабіан 90 г/га	25,2	26,3	20,8	24,1	114
Фабіан 100 г/га	25,6	25,4	20,7	23,9	113
Фабіан 110 г/га	25,3	24,5	20,3	23,4	110
Фабіан 90 г/га + Регоплант 50 мл/га	27,8	28,5	21,5	26,0	126
Фабіан 100 г/га + Регоплант 50 мл/га	27,2	27,8	22,2	25,7	121
Фабіан 110 г/га + Регоплант 50 мл/га	27,1	27,5	22,1	25,5	120
Ризобофіт 100 мл + Регоплант 250 мл/т (фон)	29,6	29,1	22,7	27,1	128
Фон + Регоплант 50 мл/га	31,0	29,6	23,8	28,1	133
Фон + Фабіан 90 г/га	31,4	31,4	25,0	29,3	138
Фон + Фабіан 100 г/га	31,1	30,5	24,4	28,7	135
Фон + Фабіан 110 г/га	30,7	30,1	24,6	28,5	134
Фон + Фабіан 90 г/га + Регоплант 50 мл/га	33,5	34,6	26,7	31,6	149
Фон + Фабіан 100 г/га + Регоплант 50 мл/га	34,9	32,8	25,9	31,2	147
Фон + Фабіан 100 г/га + Регоплант 50 мл/га	32,8	32,1	25,3	30,1	142
<i>НІР₀₅</i>	<i>0,89</i>	<i>1,0</i>	<i>0,56</i>	–	–

Застосування передпосівної обробки насіння сумішшю МП Ризобофіт 100 мл з РРР Регоплант 250 мл/т сприяло наростанню ПЛП у фазі початок цвітіння на 36 %, у фазі завершення цвітіння-початок утворення бобів – на 28 %. ПЛП, яка сформувалась за внесення РРР Регоплант 50 мл/га по фону передпосівної обробки насіння була на рівні внесення гербіциду Фабіан

100 г/га і перевищувала показники контрольного варіанту (І) на 39 % та 33 % відповідно до фаз розвитку.

Внесення гербіциду Фабіан у нормах 90–110 г/га по фоні передпосівної обробки насіння МП Ризобофіт 100 мл з РРР Регоплант 250 мл/т сприяло зростанню ПЛП відносно контрольного варіанту (І) на 43–39 % у фазі початок цвітіння та на 38–34 % – у фазі завершення цвітіння-початок утворення бобів.

Найвищі показники ПЛП формувались у фазах початок цвітіння та завершення цвітіння-початок утворення бобів у варіанті сумісного внесення гербіциду Фабіан 90–110 г/га з РРР Регоплант 50 мл/га на фоні передпосівної обробки насіння сумішшю МП Ризобофіт 100 мл + РРР Регоплант 250 мл/т, що перевищувало показники контролю І на 53–49 % та – 49–42 % відповідно.

Таким чином, отриманий експериментальний матеріал дає підставу стверджувати, що формування ПЛП перебуває в прямій залежності від застосування гербіциду і біологічних препаратів. Найбільш оптимальний вплив на формування площі листкового апарату сої має використання для обробки насіння перед сівбою МП Ризобофіт і РРР Регоплант за наступної обробки посівів гербіцидом Фабіан 90–110 г/га з РРР Регоплант 50 мл/га. Дана суміш оптимізує функціонування симбіотичної азотфіксувальної системи *Glycine max* (L.) Merr. – *Bradyrhizobium japonicum*, проходження в рослинах обмінних процесів, які зумовлюють активізацію росту й розвитку рослин, чим забезпечується формування мезоморфної структури листкового апарату. Водночас внесення гербіциду Фабіан сприяє знищенню сегетальної рослинності, чим обумовлюється покращення водного й поживного режимів у посівах сої, від яких напряду залежить формування ПЛП.

3.3. Формування пігментного комплексу

Процеси фотосинтезу відіграє важливу роль у забезпеченні симбіозу між рослинами і мікроорганізмами [270]. Активність симбіотичної системи залежить від ефективності фотосинтетичного апарату рослин, тобто забезпеченості її продуктами фотосинтезу, які є для неї джерелом енергії [271]. У свою чергу рослини трансформують продукти азотфіксації, які використовуються рослиною-господарем, для формування надземної маси [272], разом з тим, дефіцит азоту викликає формування неповноцінного фотосинтетичного апарату з низькою інтенсивністю фотосинтезу [273].

В останні роки сформувались чіткі уявлення про залежність, спрямованість і продуктивність фотосинтезу від низки чинників, у тому числі й гербіцидів [274], після застосування яких зменшується рівень забур'яненості та покращується забезпеченість рослин низкою життєвонеобхідних факторів [275]. Фотосинтез відбувається при безпосередній участі азотовмісних пігментів – хлорофілів *a* і *b* [276]. Вченими встановлено, що гербіциди різних класів, внесених як окремо, так і сумісно з біопрепаратами, суттєво впливають на вміст основних фотосинтетичних пігментів у листках сільськогосподарських культур [277, 278]. Проте для інтенсифікації фотосинтетичної активності можуть використовуватись біопрепарати, що здатні позитивно впливати на вміст хлорофілу в листках [279]. Водночас вплив гербіцидів, РРР та МП на стан пігментного комплексу сої є маловивченим.

Проведені польові дослідження засвідчили залежність вмісту хлорофілу в листках сої від використання МП Ризобіфіт, різних норм і способів застосування РРР Регоплант і гербіциду Фабіан та від погодних умов, що склалися у роки проведення досліджень. Так, отримані дані з вмісту хлорофілу в листках сої узгоджуються із погодними умовами, які були найсприятливішими за температурним та водним режимом для рослин у 2014р., менш сприятливими – у 2013 та 2015 рр.

За внесення гербіциду Фабіан 90–110 га як окремо, так і в суміші з РРР Регоплант 50 мга (табл. 3.8) вміст Хл *a* і Хл *b* у фазу бутонізації рослин сої

зростав відносно контролю I в середньому на 2 % (3 %) та 8 % (32 %) відповідно.

Таблиця 3.8

Вміст хлорофілу в листках сої за дії МП Ризобофіт, PPP Регоплант та гербіциду Фабіан (фаза бутонізації, мг/г сирової маси)

Варіант досліджу	Хл <i>a</i>	Хл <i>b</i>	Хл <i>a+b</i>
Без застосування препаратів (контроль)	0,997	0,092	1,089
Ручні прополювання упродовж вегетаційного періоду (контроль II)	1,010	0,095	1,105
Регоплант 50 мл/га	1,016	0,010	1,115
Фабіан 90 г/га	1,019	0,104	1,123
Фабіан 100 г/га	1,017	0,100	1,117
Фабіан 110 г/га	1,017	0,095	1,112
Фабіан 90 г/га + Регоплант 50 мл/га	1,022	0,125	1,147
Фабіан 100 г/га + Регоплант 50 мл/га	1,021	0,123	1,143
Фабіан 110 г/га + Регоплант 50 мл/га	1,020	0,118	1,138
Ризобофіт 100 мл + Регоплант 250 мл/т (фон)	1,028	0,135	1,163
Фон + Регоплант 50 мл/га	1,031	0,146	1,176
Фон + Фабіан 90 г/га	1,037	0,140	1,178
Фон + Фабіан 100 г/га	1,032	0,145	1,177
Фон + Фабіан 110 г/га	1,030	0,145	1,175
Фон + Фабіан 90 г/га + Регоплант 50 мл/га	1,042	0,150	1,192
Фон + Фабіан 100 г/га + Регоплант 50 мл/га	1,039	0,149	1,187
Фон + Фабіан 110 г/га + Регоплант 50 мл/га	1,035	0,150	1,185
<i>HIP</i> ₀₅	0,001– 0,024	0,003– 0,021	–

Аналізуючи вміст Хл *a+b* у листках сої у фазу бутонізації, можна зазначити, що за використання для обробки насіння перед сівбою мікробного препарату Ризобофіт 100 мл з PPP Регоплант 250 мл/т він перевищував показники контролю I на 8 %. Використання Фабіану у нормах 90–110 г/га за внесення по фоні МП з PPP забезпечило зростання досліджуваного показника на 8–7 % відповідно проти контрольного варіанту (I). Поряд з тим найвищий вміст Хл *a+b* у листках сої відмічено за використання для передпосівної

обробки насіння суміші Ризобофіту (100 мл) із Регоплантом (250 мл/т) за наступного обприскування посівів Фабіану (90 г/га) з Регоплантом (50 мл/га), що на 9 % перевищувало показники контролю І.

Аналіз одержаних даних із вмісту Хл $a+b$ в листках сої продемонстрував схожу залежність впливу досліджуваних норм гербіциду Фабіан та біологічних препаратів Ризобофіт й Регоплант і у фазу початок цвітіння рослин (табл. 3.9).

Таблиця 3.9

Вміст хлорофіліу в листках сої за дії МП Ризобофіт, РРР Регоплант та гербіциду Фабіан (фаза початок цвітіння, мг/г сирової маси)

Варіант досліджу	Хл a	Хл b	Хл $a+b$
Без застосування препаратів (контроль І)	1,182	1,085	2,267
Ручні прополювання упродовж вегетаційного періоду (контроль ІІ)	1,183	1,092	2,275
Регоплант 50 мл/га	1,187	1,100	2,287
Фабіан 90 г/га	1,180	1,090	2,270
Фабіан 100 г/га	1,180	1,087	2,267
Фабіан 110 г/га	1,177	1,085	2,262
Фабіан 90 г/га + Регоплант 50 мл/га	1,183	1,109	2,292
Фабіан 100 г/га + Регоплант 50 мл/га	1,181	1,107	2,288
Фабіан 110 г/га + Регоплант 50 мл/га	1,190	1,089	2,279
Ризобофіт 100 мл + Регоплант 250 мл/т (фон)	1,333	1,285	2,618
Фон + Регоплант 50 мл/га	1,336	1,295	2,631
Фон + Фабіан 90 г/га	1,332	1,293	2,625
Фон + Фабіан 100 г/га	1,332	1,289	2,622
Фон + Фабіан 110 г/га	1,330	1,287	2,617
Фон + Фабіан 90 г/га + Регоплант 50 мл/га	1,341	1,304	2,645
Фон + Фабіан 100 г/га + Регоплант 50 мл/га	1,341	1,302	2,643
Фон + Фабіан 110 г/га + Регоплант 50 мл/га	1,338	1,301	2,639
HIP_{05}	0,006– 0,010	0,005– 0,021	–

Так, в середньому за роки досліджень за дії Фабіану 90–110 г/га вміст Хл $a+b$ у листках сої відносно контролю І майже не змінювався. Разом з тим,

за комплексного використання Фабіану 90–110 г/га з Регоплантом 50 мл/га перевищення за вмістом Хл $a+b$ відносно контролю I складало 0,025–0,012 мг/г сирової маси за НІР 0,020 мг/г сирової маси.

У середньому за три роки експериментальних досліджень найвищі показники вмісту Хл $a+b$ у пігментному комплексі формувалися у варіантах комбінованої обробки насіння сумішшю препаратів Ризобофіт 100 мл і Регоплант 250 мл/т за наступної обробки посівів сумішшю Фабіану 90 г/га й Регопланту 50 мл/га, де перевищення контрольного варіанту (I) складало 17 % відповідно. Подібні залежності у формуванні пігментного комплексу у фазі початок цвітіння були відмічені у всі роки досліджень.

Дослідження пігментного комплексу рослин сої у фазу завершення цвітіння-початок утворення бобів (табл. 3.10) продемонструвало зниження вмісту хлорофілів у порівнянні з попередньою фазою, за одночасного їх зростання відносно контрольного варіанту (I). Так, за використання Фабіану 90–110 г/га вміст хлорофілу a в листках сої у відношенні до контролю I зростав на 6–5 %, хлорофілу b – 7–8 %, суми хлорофілів $a+b$ на 9–8 % відносно контрольного варіанту (I).

За сумісного застосування Фабіан 90–110 г/га з Регоплантом 50 мл/га вміст хлорофілів a і b та їх суми із наростанням норми внесення гербіциду знижувався, проте перевищення відносно контролю I коливалось у межах 7–5 % – для Хл a ; 17–19 % – для Хл b і 9–8 % – для суми Хл $a+b$.

Використання Ризобофіту 100 мл з Регоплантом 250 мл/т для обробки насіння з наступною обробкою посівів Регоплантом 50 мл/га забезпечило дещо вищі показники вмісту суми хлорофілів у листках сої відносно комплексного застосування МП і РРР для передпосівної обробки насіння, проте відбувся перерозподіл хлорофілів: зростання Хл a та зниження Хл b . За даного застосування препаратів перевищення для Хл a становило у межах 31 %; для суми Хл $a+b$ – 19 %, тоді як Хл b знижувався відносно контролю I на 6 %.

Таблиця 3.10

Вміст хлорофілів *a* і *b* в листках сої за дії МП Ризобофіт, РРР Регоплант та гербіциду Фабіан

(фаза завершення цвітіння-початок утворення бобів, мг/г сирової маси)

Варіант досліджу	Хл <i>a</i>	Хл <i>b</i>	Хл <i>a+b</i>
Без застосування препаратів (контроль I)	1,276	0,388	1,664
Ручні прополювання упродовж вегетаційного періоду (контроль II)	1,287	0,404	1,691
Регоплант 50 мл/га	1,300	0,431	1,731
Фабіан 90 г/га	1,355	0,415	1,770
Фабіан 100 г/га	1,350	0,421	1,771
Фабіан 110 г/га	1,348	0,420	1,768
Фабіан 90 г/га + Регоплант 50 мл/га	1,364	0,456	1,820
Фабіан 100 г/га + Регоплант 50 мл/га	1,362	0,449	1,810
Фабіан 110 г/га + Регоплант 50 мл/га	1,358	0,463	1,801
Ризобофіт 100 мл + Регоплант 250 мл/т (фон)	1,616	0,363	1,979
Фон + Регоплант 50 мл/га	1,671	0,353	2,024
Фон + Фабіан 90 г/га	1,743	0,327	2,070
Фон + Фабіан 100 г/га	1,742	0,323	2,066
Фон + Фабіан 110 г/га	1,723	0,328	2,051
Фон + Фабіан 90 г/га + Регоплант 50 мл/га	1,738	0,370	2,108
Фон + Фабіан 100 г/га + Регоплант 50 мл/га	1,726	0,368	2,094
Фон + Фабіан 110 г/га + Регоплант 50 мл/га	1,287	0,364	2,084
<i>НІР</i> ₀₅	0,001– 0,002	0,001– 0,010	–

Найвищі показники з вмісту хлорофілів простежувались в листках сої за використання Фабіану 90–110 г/га сумісно з Регоплантом 50 мл/га по фону Ризобофіт 100 мл з Регоплантом 250 мл/т, де перевищення контролю I складало: 36–34 % – для Хл *a*; 26–25 % – для суми Хл *a+b* за зниження на 5–7 % вмісту Хл *b* і *НІР*₀₅ 0,024; 0,004 і 0,019 мг/г сирової маси відповідно.

Отже, сумісне використання Ризобофіту з Регоплантом для обробки насіння перед сівбою та сумісне внесення поданому фону Фабіану з Регоплантом забезпечує суттєве зростання вмісту пігментів у пігментному комплексі листків сої, що може свідчити про створення більш сприятливих

умов для проходження в рослинах фізіолого-біохімічних процесів, у тому числі й фотосинтетичних, обумовлених безпосередньою стимулювальною дією біопрепаратів на функціонування пігментного комплексу литкового апарату культури.

Механізми інтегрованої дії біологічних препаратів (Ризобіофіт і Регоплант) і гербіциду (Фабіан) більш детально розкрито у ряді наукових праць [281–283].

4. АГРОБІОЛОГІЧНА ОЦІНКА ВИРОЩУВАННЯ СОЇ ЗА ВНЕСЕННЯ ГЕРБІЦИДУ ФАБІАН, РЕГУЛЯТОРА РОСТУ РОСЛИН РЕГОПЛАНТ ТА МІКРОБНОГО ПРЕПАРАТУ РИЗОБОФІТ

4.1. Забур'яненість посівів сої

Слабка конкурентоспроможність сої до сегетальної рослинності, яка на початкових фазах розвитку відзначається відносно повільним ростом, призводить до зниження її врожайності, що є наслідком зростання конкуренції з боку бур'янів за споживання вологи, поживних речовин та використання світла [284, 285]. Тому в сучасних технологіях вирощування сої обов'язковим заходом є використання гербіцидів, які представлені високоактивними сполуками фізіологічної дії як на процеси метаболізму рослин, так і на мікробіологічні процеси в ґрунті [255].

Одним із шляхів зниження негативної дії гербіцидів на посіви сільськогосподарських культур є застосування їх у сумішах із біологічними препаратами, вони забезпечують зниження негативної дії хімічних засобів захисту рослин на навколишнє природне середовище і організм людини [96].

Дослідженнями ряду авторів [286–289] доведено, що застосування гербіцидів у поєднанні з регуляторами росту рослин сприяє посиленню знищення бур'янів у посівах сої та інших сільськогосподарських культур, особливо за показниками маси. Проте питання дії на сегетальну рослинність посівів сої трьохкомпонентних композицій хімічних і біологічних препаратів практично не вивчалось, що й склало одне із завдань наших досліджень.

Через місяць після застосування препаратів (табл. 4.1) найбільше бур'янів у посівах сої нараховувалось у контролі I (без застосування препаратів і ручних прополювань) – 86,5 шт./м² при масі 220 г/м².

Таблиця 4.1

**Забур'яненість посівів сої за дії гербіциду Фабіан, регулятора росту Регоплант та мікробного препарату
Ризобофіт (середнє за 2013–2015 рр.)**

Варіант досліджу	Через 30 днів після внесення препаратів				Перед збиранням врожаю			
	Кількість бур'янів, шт./м ²	Маса бур'янів, г/м ²	Знищено, %		Кількість бур'янів, шт./м ²	Маса бур'янів, г/м ²	Знищено, %	
			за кількістю	за масою			за кількістю	за масою
Без застосування препаратів (контроль I)	86,6	220	0	0	123,9	906,5	0	0
Ручні прополювання упродовж вегетаційного періоду (контроль II)	0	0	100	100	0	0	100	100
Регоплант 50 мл/га	70,4	198,8	19	9	88,8	723,3	28	20
Фабіан 90 г/га	25,6	96,5	70	56	33,6	261,0	73	71
Фабіан 100 г/га	24,1	93,7	72	58	31,5	238,6	74	74
Фабіан 110 г/га	22,2	91,1	73	60	29,6	226,5	76	75
Фабіан 90 г/га + Регоплант 50 мл/га	13,5	31,0	84	86	18,5	111,7	85	87
Фабіан 100 г/га + Регоплант 50 мл/га	13,2	28,5	85	87	17,4	108,4	86	88
Фабіан 110 г/га + Регоплант 50 мл/га	11,6	26,8	86	89	17,2	106,1	86	88
Ризобофіт 100 мл + Регоплант 250 мл/т (фон)	75,8	188,6	13	14	103,2	887,1	17	2
Фон + Регоплант 50 мл/га	80,1	197,9	7	10	72,8	610,9	41	32
Фон + Фабіан 90 г/га	20,6	76,3	76	65	27,1	221,9	78	75
Фон + Фабіан 100 г/га	19,0	77,7	78	64	25,1	216,5	80	76
Фон + Фабіан 110 г/га	18,2	76,6	79	65	22,5	212,6	82	77
Фон + Фабіан 90 г/га + Регоплант 50 мл/га	8,1	21,7	91	90	12,0	100,6	90	89
Фон + Фабіан 100 г/га + Регоплант 50 мл/га	7,3	21,5	92	90	10,8	98,4	91	89
Фон + Фабіан 110 г/га + Регоплант 50 мл/га	6,6	20,3	92	91	10,2	95,3	92	90
<i>НІР₀₅</i>	<i>2,4–4,6</i>	<i>8,2–10,9</i>	–	–	<i>3,3–4,2</i>	<i>10,7–16,9</i>	–	–

За використання гербіциду Фабіан у нормах 90, 100 і 110 г/га рівень забур'яненості посівів склав 25,6; 24,1 та 22,2 шт./м² з масою 96,5; 93,7 та 91,1 г/м², що відповідало знищенню їх за кількістю на 70; 72 і 73 %, за масою – 56; 58 та 60 % відповідно. Сумісне застосування гербіциду Фабіан у нормах 90, 10 і 110 г/га із РРР Регоплант 50 мл/га забезпечило підвищення частки знищених бур'янів як за кількістю (84; 85 та 86 %), так і за масою (86; 87 та 89 %). Це узгоджується з даними інших авторів [96], які встановили, що підвищення відсотка знищених бур'янів за масою у посівах сільськогосподарських культур за використання сумішей гербіцидів і РРР є наслідком підвищення конкурентоздатності рослин, які за рахунок наростання біомаси й площі листків пригнічують подальший розвиток сеgetальної рослинності у посівах.

Проведення передпосівної обробки насіння сумішшю МП Ризобофіт 100 мл з РРР Регоплантом 250 мл/т забезпечило зниження кількості і маси бур'янів у посівах сої на 13 % і 14 % відповідно до контролю І. Застосування Фабіану у досліджуваних нормах на фоні обробки насіння МП Ризобофіт 100 мл у суміші з РРР Регоплант 250 мл/т сприяло зниженню рівня забур'яненості посівів сої за кількістю на 76; 78 та 79 %, за масою – 65; 64 та 65 % відповідно. Найвищий відсоток знищених бур'янів було відмічено за використання в посівах сої гербіциду Фабіан у нормах 90, 100 і 110 г/га сумісно із РРР Регоплант у нормі 50 мл/га, внесених на фоні передпосівної обробки насіння сумішшю МП Ризобофіту 100 мл і РРР Регопланту 250 мл/т. Так, у даних варіантах дослідження кількість бур'янів знищених за кількістю склала 91; 92 та 92 %, за масою – 90; 90 і 91 % відповідно.

Перед збиранням урожаю рівень забур'яненості посівів сої значно зростав, в основному за рахунок нової генерації бур'янів та наростання вегетативної маси тих, що залишились життєздатними. Так, за використання гербіциду Фабіан у нормах 90–110 г/га кількість бур'янів у посівах сої перед збиранням урожаю знаходилась у межах 33,6–29,6 шт./м² з масою 261,0–226,5

г/м² відповідно. Внесення досліджуваних норм гербіцидів забезпечило підвищення частки знищення бур'янів за кількістю до 73–76 %, за масою –71–75 % відповідно до контрольного варіанту (I). Сумісне внесення тих же норм гербіциду Фабіан з РРР Регоплант 50 мл/га сприяло зниженню кількості бур'янів на 85–86 % за кількістю та на 87–88 % за масою відповідно. Внесення РРР по фоні обробки насіння сумішшю МП Ризобофіт 100 мл і РРР Регопланту 250 мл/т сприяло обмеженню наростання маси бур'янів у даному варіанті досліду з відсотком знищення їх за кількістю – 41 %, за масою – 32 %.

Облік сегетальної рослинності посівів сої перед збиранням урожаю показав, що найвищий відсоток знищення бур'янів забезпечили варіанти досліду сумісного застосування гербіциду Фабіан 90–110 г/га з РРР Регоплант 50 мл/т на фоні передпосівної обробки насіння МП Ризобофіт 100 мл у поєднанні з РРР Регоплант 250 мл/т, де було відмічено найменшу кількість бур'янів – 12,0–10,2 шт./м² з масою 100,6–95,3 г/м², що відповідало зниженню їх за кількістю до 90–92 %, а за масою – 89–90 %.

Детальніший аналіз видового різноманіття бур'янів у посівах сої показав, що в роки виконання досліджень переважав змішаний характер забур'янення. В агрофітоценозі домінували малорічні і ярі дводольні бур'яни підмареник чіпкий (*Gallium aparine* L.), лобода біла (*Chenopodium album* L.), щириця звичайна (*Amaranthus retroflexus* L.); із багаторічних бур'янів зустрічались коренепаросткові – осот рожевий (*Cirsium arvense* L.), осот польовий (*Sonchus arvensis* L.). Залежно від погодних умов однорічні злакові бур'яни проростали у різні строки і були представлені мишієм сизим (*Setaria viridis* L.) і зеленим (*Setaria glauca* (L.) Pal. Beauv.), плоскухою звичайною (*Echinochloa crusgalli* (L.) Pal. Beauv.) й іншими видами.

Аналізуючи дію гербіциду Фабіан, внесеного як окремо, так і в поєднанні з РРР Регоплант на знищення у посівах сої окремих видів бур'янів, можна відмітити, що за норми 90–110 г/га такі види як *Amaranthus retroflexus*,

Cirsium arvense, *Gallium aparine*, *Chenopodium album* знищувались майже повністю. Водночас, слід зазначити, що ефективність знищення бур'янів у посівах сої за дії гербіциду Фабіан залежала від фази їх розвитку. Так, переважна кількість бур'янів ефективно знищувалась, коли вони перебували на час внесення гербіциду в початкових фазах розвитку. Вже на третю-п'яту добу після внесення Фабіану спостерігались симптоми гербіцидного впливу на сегетальну рослинність: зупинка росту, пожовтіння і поблідіння (хлороз) листків. Повна загибель бур'янів відбувалась на десятій-п'ятнадцятий день після застосування гербіциду Фабіан. У дводольних бур'янів після обробки бур'янів листки ставали хлоротичними, у деяких спостерігалась карликовість. Коренепаросткові бур'яни (осоти рожевий і польовий) ефективніше знищувались, коли вони на час обприскування гербіцидом Фабіан перебували у фазі розетки. Якщо ж на час обприскування вони формували стебло, то, не зважаючи на припинення ростових процесів, вони довгий час зберігали свою життєздатність у посівах.

За внесення гербіциду Фабіан у нормах 90; 100 і 110 г/га в поєднанні з РРР Регоплант ефективність знищення сегетальної рослинності у посівах сої зростала із збільшенням норм внесення препарату, але при цьому зберігалась подібна залежність ефективності дії сумішей (від фази розвитку бур'янів), як і за самотійного внесення гербіциду.

Таким чином, гербіцид Фабіан у нормах 90–110 г/га забезпечує ефективне контролювання різних видів сегетальної рослинності у посівах сої, проте частка знищення бур'янів підвищується за сумісного його використання з РРР Регоплант у нормі 50 мл/га на фоні передпосівної обробки насіння сумішшю біологічних препаратів МП Ризобофіт 100 мл й Регопланту 250 мл/т. Дана композиція в середньому забезпечувала знищення бур'янів за вегетаційний період на 91–92 % за кількістю та 90–91 % – за масою. Ці дані дають підставу стверджувати, що за інтегрованого використання МП, РРР і

гербициду зростає конкурентна здатність культури, що є наслідком покращення умов росту і розвитку рослин як з боку оптимального функціонування бобово-ризобіальної системи *Glycine max* (L.) Merr. – *Bradyrhizobium japonicum*, так і стимулювальної дії на рослини з боку рістрегуляторного препарату Регопланту.

4.2. Урожайність

Однією з найрентабельніших культур у сільськогосподарському виробництві як України, так і світу, є соя, площі посівів якої з кожним роком зростають [290]. Зважаючи на слабку конкурентну здатність сої до бур'янів, особливо на початкових фазах росту й розвитку, невід'ємним елементом сучасних технологій її вирощування є застосування гербицидів. Водночас соя належить до симбіотичних культур, у формуванні врожаю якої велике значення має фіксація атмосферного азоту бактеріями інокулянтів [291].

Урожайність є інтегральним показником ефективності усіх заходів при вирощуванні сільськогосподарських культур [292], тобто, сукупність мікробіологічних, фізіологічних та біохімічних процесів у рослинах і ґрунті, за застосування препаратів різної фізіологічної дії відображаються на кількості отриманого врожаю. Саме тому важливим було простежити інтегровану дію гербициду, РРР та МП за різного поєднання і норм застосування на продуктивність рослин сої.

У результаті аналізу проведених досліджень (табл. 4.2) встановлено, що урожайність сої формувалась залежно від погодних умов та норм і способів комбінування досліджуваних препаратів.

Таблиця 4.2

Урожайність зерна сої за використання гербициду Фабіан, РРР Регоплант та МП Ризобофіт

Варіант досліджу	Урожайність, т/га	
------------------	-------------------	--

	2013 р.	2014 р.	2015 р.	Середня за три роки, т/га
Без застосування препаратів (контроль I)	1,28	1,43	1,23	1,31
Ручні прополювання упродовж вегетаційного періоду (контроль II)	1,87	2,00	1,79	1,89
Регоплант 50 мл/га	1,71	1,84	1,66	1,74
Фабіан 90 г/га	1,92	2,13	1,88	1,98
Фабіан 100 г/га	1,89	2,02	1,86	1,92
Фабіан 110 г/га	1,81	1,99	1,84	1,88
Фабіан 90 г/га + Регоплант 50 мл/га	2,06	2,23	1,91	2,07
Фабіан 100 г/га + Регоплант 50 мл/га	2,01	2,18	1,9	2,03
Фабіан 110 г/га + Регоплант 50 мл/га	2,02	2,17	2,0	2,06
Ризобофіт 100 мл + Регоплант 250 мл/т (фон)	1,66	1,87	1,58	1,70
Фон + Регоплант 50 мл/га	1,84	2,05	1,87	1,92
Фон + Фабіан 90 г/га	1,99	2,19	1,95	2,04
Фон + Фабіан 100 г/га	1,93	2,09	1,93	2,00
Фон + Фабіан 110 г/га	1,96	2,16	1,89	1,98
Фон + Фабіан 90 г/га + Регоплант 50 мл/га	2,23	2,24	2,13	2,20
Фон + Фабіан 100 г/га + Регоплант 50 мл/га	2,14	2,37	2,03	2,18
Фон + Фабіан 110 г/га + Регоплант 50 мл/га	2,09	2,26	2,08	2,14
<i>HIP₀₅</i>	<i>0,041</i>	<i>0,180</i>	<i>0,012</i>	–

Так, у варіанті без застосування препаратів (контроль I) урожайність сої сформувалась на рівні 1,28; 1,43 та 1,23 т/га за роками досліджень. Водночас за проведення ручних прополювань упродовж вегетаційного періоду (контроль II) у 2013 році вона зросла відносно контролю I на 46 %, у 2014 – на 39 % і у 2015 – на 45 % з середньою прибавкою врожаю зерна на рівні 0,58 т/га, що є наслідком повної відсутності конкуренції з боку бур'янів.

За використання в посівах сої РРР Регоплант 50 мл/га рівень врожаю відносно контролю I зростав на 38, 27 і 35 %, а за внесення цього ж РРР на

фоні передпосівної обробки насіння МП Ризобофітом 100 мл і РРР Регоплантом 250 мл/т – на 43, 43 та 52 % відповідно до років досліджень.

За внесення у посівах сої гербіциду Фабіан у нормах 90–110 г/га урожайність культури у порівнянні з контролем I зросла на 0,64–0,53 т/га у 2013 році; 0,7–0,56 т/га – 2014 року і 0,65–0,61 – у 2015 році. Разом з тим застосування тих же норм гербіциду Фабіан з РРР Регоплант 50 мл/га забезпечило зростання урожайності проти контрольного варіанту (I) на 61–57; 56–51 і 51–62 % за роками досліджень.

За інтегрованого застосування гербіциду Фабіан у нормах 90–110 г/га з РРР Регоплант 50 мл/га прибавка врожаю до контролю I склала 0,76–0,75 т/га відповідно.

Найвища врожайність сої в середньому за 2013–2015 рр. узгоджувалась з даними найвищої мікробіологічної та фізіолого-біохімічної активності посівів і формувалась під впливом використання гербіциду Фабіан, внесеного в нормах 90–110 г/га, на фоні обробки насіння перед сівбою МП Ризобофіт 100 мл і РРР Регоплант 250 мл/т, де перевищення до контролю I складало 56–53% та за дії тих же норм Фабіану, внесеного по фону МП Ризобофіт 100 мл й Регоплант 250 мл/т у бакових сумішах із РРР Регоплант 50 мл/га – 68–63%. Прибавка врожаю у даних варіантах становила 0,73–0,69 і 0,89–0,87 т/га відповідно.

Одержані експериментальні дані щодо врожайності сої узгоджуються із нашими дослідженнями стосовно проходження біологічних процесів у рослинах і ґрунті та засвідчують, що підвищення продуктивності рослин сої є, з одного боку наслідком функціонування симбіотичної системи *Glycine max* (L.) Merr. – *Bradyrhizobium japonicum* з одночасним посиленням проходження основних мікробіологічних процесів у ґрунті за сумісної обробки насіння МП Ризобофіт 100 мл з РРР Регоплант 250 мл/т, з іншого боку – зі зняттям конкуренції завдяки гербіциду Фабіан із сегетальною рослинністю, яка

конкурує з рослинами сої за головні елементи живлення й вологу. Саме ці чинники впливають на перебіг основних фізіологічних процесів у рослинах сої, якими визначається формування продуктивності посівів.

4.3. Якісні характеристики отриманого врожаю

Високі врожаї зерна сої значною мірою залежать від ґрунтово-кліматичних умов вирощування культури та антропогенного впливу. Дані чинники в сукупності впливають на структуру врожаю, зокрема – висоту кріплення нижніх бобів, кількість бобів на рослині, масу насіння з однієї рослини й ін. [293].

Висота кріплення бобів має дуже велике значення для збирання культури, вона як правило обумовлена генетикою сорту. У рослин з низьким кріпленням бобів втрати врожаю можуть сягати від 3 до 20 %. Оптимальною висотою вважається 12–15 см. Дослідженнями доведено, що саме у нижніх бобах, які закладаються першими, формується найбільше і найповноцінніше за посівними якістьми насіння [196].

У результаті проведених досліджень (табл. 4.3) встановлено, що в контрольному варіанті (I) в середньому за 2013–2015 рр. формувалась найменша кількість бобів 22,4 шт. з масою 2,2 г за висоти кріплення нижніх бобів 10,2 см.

При застосуванні ручних прополовань (контроль II) упродовж вегетаційного періоду висота кріплення нижніх бобів зростала на 3,8 см, кількість бобів на рослині – на 6,8 шт., маса зерна – на 1,0 г відносно контролю I.

Таблиця 4.3

Структура врожаю сої за використання гербіциду Фабіан, РРР Регоплант та МП Ризобіфіт (середнє за 2013–2015 рр.)

Варіант досліджу	Висота кріплення нижніх бобів, см	Кількість бобів з однієї рослини, шт.	Маса зерна з однієї рослини, г
Без застосування препаратів (контроль I)	10,2	22,4	2,2
Ручні прополювання упродовж вегетаційного періоду (контроль II)	14,0	29,2	3,2
Регоплант 50 мл/га	10,6	33,6	2,9
Фабіан 90 г/га	11,8	38,2	3,3
Фабіан 100 г/га	12,3	36,4	3,2
Фабіан 110 г/га	13,0	37,5	3,1
Фабіан 90 г/га + Регоплант 50 мл/га	14,1	39,6	3,5
Фабіан 100 г/га + Регоплант 50 мл/га	14,2	39,2	3,4
Фабіан 110 г/га + Регоплант 50 мл/га	13,9	38,8	3,4
Ризобофіт 100 мл + Регоплант 250 мл/т (фон)	12,1	32,3	2,8
Фон + Регоплант 50 мл/га	14,4	41,1	3,2
Фон + Фабіан 90 г/га	14,6	44,6	3,4
Фон + Фабіан 100 г/га	14,3	43,7	3,3
Фон + Фабіан 110 г/га	14,5	42,3	3,3
Фон + Фабіан 90 г/га + Регоплант 50 мл/га	15,6	50,7	3,7
Фон + Фабіан 100 г/га + Регоплант 50 мл/га	15,2	49,3	3,6
Фон + Фабіан 110 г/га + Регоплант 50 мл/га	15,0	48,4	3,5
<i>НІР₀₅</i>	<i>0,9–1,4</i>	<i>6,3–7,0</i>	<i>0,1–0,2</i>

Внесення препаратів, що вивчалися, в значній мірі вплинуло на формування структури врожаю, зокрема застосування гербіциду Фабіан 90–110 г/га сприяло збільшенню висоти кріплення нижніх бобів на 1,6–2,8 см, кількості бобів – на 15,8–15,1 шт., маса зерна з однієї рослини – на 1,1–0,9 г відносно контрольного варіанту (I). Внесення досліджуваних норм гербіциду сумісно з РРР Регоплант 50 мл/га забезпечило зростання кількості бобів на

17,2–16,4 шт. з одночасним наростанням маси зерна з однієї рослини – 1,3–1,2 г, з висотою кріплення нижніх бобів – 14,1–13,9 см.

У варіанті посходового внесення PPP Регоплант 50 мл/га передзбиральна структура рослин сої змінювалась несуттєво, проте внесення того ж PPP на фоні передпосівної обробки насіння МП Ризобофіт 100 мл з PPP Регоплант 250 мл/т сприяло наростанню висоти кріплення нижніх бобів до 14,4 см, а кількості бобів і маси зерна до 41,1 шт. та 3,2 г відповідно.

Найвищі показники структури врожаю були відмічені у варіанті досліду із застосуванням гербіциду Фабіан 90–110 г/га сумісно з PPP Регоплант 50 мл/га на фоні передпосівної обробки насіння МП Ризобофіт 100 мл з PPP Регоплант 250 мл/т, де висота кріплення нижніх бобів зростала на 5,4–4,8 см, кількість бобів на одній рослині до 28,3–24 шт., маса зерна з однієї рослини – на 1,5–1,3 г за $НІР_{05}$ 0,01–0,04 г.

Важливою умовою підвищення не тільки врожайності сої, але й покращення якості зерна, зокрема вмісту в ньому білків і олії [294]. Тому важливим було простежити вплив досліджуваних препаратів на формування маси 1000 насінин, вмісту в зерні білків і олії.

Дослідженнями встановлено, що маса 1000 насінин сої під дією гербіциду Фабіан у нормах 90–110 г/га становила 148,0–145,5 г і збільшувалась проти контролю І на 6–4 % (табл. 4.4). Внесення PPP Регоплант 50 мл/га в посівах сої сприяло зростанню маси 1000 насінин проти контролю І на 5%.

За використання гербіциду Фабіан у тих же нормах на фоні обробки насіння МП Ризобофіт 100 мл з PPP Регоплант 250 мл/т маса 1000 насінин сої перевищила контроль І на 12,4–11,6 % відповідно. За використання гербіциду Фабіан у тих же нормах на фоні обробки насіння МП Ризобофіт 100 мл з PPP Регоплант 250 мл/т маса 1000 насінин сої перевищила контроль І на 12,4–11,6 % відповідно.

Таблиця 4.4

**Якість отриманого врожаю за використання гербіциду Фабіан, РРР
Регоплант та МП Ризобофіт (середнє за 2013–2015 рр.)**

Варіант досліджу	Маса 1000 насінин, г	Вміст у зерні, % на суху речовину	
		білків	олії
Без застосування препаратів (контроль I)	139,7	32,3	20,4
Ручні прополювання упродовж вегетаційного періоду (контроль II)	144,1	32,6	22,7
Регоплант 50 мл/га	146,6	32,8	21,0
Фабіан 90 г/га	148,0	33,1	21,4
Фабіан 100 г/га	146,3	32,8	21,8
Фабіан 110 г/га	145,5	32,9	21,9
Фабіан 90 г/га + Регоплант 50 мл/га	149,7	33,4	20,1
Фабіан 100 г/га + Регоплант 50 мл/га	148,2	33,2	20,4
Фабіан 110 г/га + Регоплант 50 мл/га	147,4	33,2	20,9
Ризобофіт 100 мл + Регоплант 250 мл/т (фон)	146,0	33,4	24,8
Фон + Регоплант 50 мл/га	156,9	33,5	24,6
Фон + Фабіан 90 г/га	156,3	33,8	23,3
Фон + Фабіан 100 г/га	154,2	33,7	23,5
Фон + Фабіан 110 г/га	154,0	33,6	23,2
Фон + Фабіан 90 г/га + Регоплант 50 мл/га	158,1	34,1	22,2
Фон + Фабіан 100 г/га + Регоплант 50 мл/га	157,2	33,9	22,0
Фон + Фабіан 110 г/га + Регоплант 50 мл/га	157,0	33,8	22,1
<i>НІР₀₅</i>	<i>1,1–2,0</i>	<i>0,2–0,6</i>	<i>0,2–0,4</i>

Передпосівна обробка насіння сумішшю МП Ризобофіт 100 мл з РРР Регоплант 250 мл/т сприяла збільшенню маси 1000 насінин на 4 %. Разом з тим найвищі показники маси 1000 насінин було відмічено у варіантах інтегрованого застосування гербіциду Фабіан у нормах 90–110 г/га з РРР Регоплант 50 мл/га на фоні передпосівної обробки насіння МП Ризобофіт 100 мл й РРР Регоплант 250 мл/т, де перевищення до контролю I складало 13–12 % за НІР₀₅ 4,5–8,1 г.

Аналізуючи вміст білків і олії в зерні сої, встановлено, що у варіантах з внесенням Фабіану в нормах 90, 100 та 110 г/га вміст білків складав 32,9; 32,8 і 33,1 % відповідно за вмісту в зерні олії 21,4; 21,8 та 21,9 %. За використання тих же норм Фабіану сумісно з РРР Регоплант у нормі 50 мл/га вміст білків був на рівні 33,4; 33,2 і 33,2 %, олії – 20,1; 20,4 і 20,9 % при 32,3 % і 20,4% у варіанті без застосування препаратів за НІР₀₅ 0,2–0,6 % на суху речовину.

Тобто, по відношенню до контролю I вміст у зерні сої білків у варіантах досліду Фабіан 90, 100 та 110 г/га збільшився на 0,8; 0,5 та 0,6 %, у той час як у відповідних варіантах досліду із сумісним застосуванням з РРР – на 1,1; 0,9 і 0,9 % на суху речовину. Одержані дані дають підставу стверджувати, що формування вищого вмісту білків і олії у варіантах досліду із застосуванням досліджуваних препаратів є результатом створення більш сприятливих умов для проходження у рослинах сої фізіолого-біохімічних процесів та мікробіологічних – в рослинах і ґрунті.

Передпосівна обробка насіння сумішшю МП Ризобофіт 100 мл з РРР Регоплант 250 мл/т сприяла зростанню вмісту в зерні білків на 1,1 %, а олії – на 1,2 % сухої речовини. Внесення гербіциду Фабіан у нормі 90–110 г/га із проведенням передпосівної обробки насіння МП Ризобофітом 100 мл і РРР Регоплантом 250 мл/т сприяло збільшенню вмісту білків на 1,5–1,3 %, олії – на 2,9–2,8 %. Найвищу якість зерна сої було відмічено в варіанті досліду сумісного застосування Фабіану 90 г/га з РРР Регоплант 50 мл/га, внесених по фоні, що складало 34,1 % та 22,2 %, або у відсотковому вираженні перевищувало вміст білків у контролі I на 1,7 %, олії – на 1,8 % сухої речовини відповідно. Одержані нами дані узгоджуються з даними інших вчених, які зазначають, що формування показника білковості зерна визначається не тільки дією досліджуваних препаратів і умовами вирощування культури, але й залежить від сортового генотипу [167].

Отже, інтегроване внесення у посівах сої гербіциду Фабіан 90 г/га у суміші з РРР Регоплант 50 мл/га на фоні передпосівної обробки насіння МП Ризобофіт 100 мл й РРР Регоплант 50 мл/т сприяє формуванню оптимальної

структури врожаю [295], де висота кріплення нижніх бобів зростала на 53 %, кількість бобів на одній рослині – в 3 рази, маса насінин з однієї рослини – на 68 % з одночасним зростанням якісних показників зерна – 1,7 % вмісту білків, 1,8 % – вмісту олії, що є свідченням активізації проходження у рослинах і ґрунті низки біологічних процесів, які лежать в основі формування продуктивності посівів.

5. ЕКОНОМІЧНА І БІОЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОЩУВАННЯ СОЇ ПРИ ЗАСТОСУВАННІ ГЕРБІЦИДУ

ФАБІАН, РЕГУЛЯТОРА РОСТУ РОСЛИН РЕГОПЛАНТ ТА МІКРОБНОГО ПРЕПАРАТУ РИЗОБОФІТ

Успішне вирощування будь-якої сільськогосподарської культури обов'язково повинно враховувати аспекти економічної ефективності виробництва, способи реалізації виробленої продукції, раціональне використання виробничих засобів і створення оптимальних умов для розвитку [296].

Дослідженнями науковців [297] встановлено, що застосування гербіцидів та бакових сумішей гербіцидів з PPP є економічно вигідним. Окрім того відмічено, що зменшення норм хімічних препаратів сприяє зменшенню пестицидного навантаження на навколишнє середовище і, очевидно, знижує концентрацію залишків хімічних препаратів у зерні та продуктах його переробки.

Економічна ефективність є одним із важливих критеріїв оцінки певного виробничого засобу, яка показує доцільність його проведення, прибуток та рівень його рентабельності [298].

У літературі поодинокі зустрічаються дані оцінки економічної ефективності застосування біологічних і хімічних препаратів у посівах сільськогосподарських культур. У зв'язку з цим доцільною є економічна та енергетична оцінка інтегрованого застосування гербіциду, PPP та МП у посівах сої.

Враховуючи різке зростання виробничих затрат на вирощування сільськогосподарських культур та цін на готову продукцію, розрахунки економічної ефективності було виконано в цінах 2015 року (табл. 5.1).

Таблиця 5.1

Економічна ефективність вирощування сої за використання гербіциду Фабіан, РРР Регоплант та МП Ризобфіт

Варіант досліджу	Урожайність, т/га	Прибавка врожаю, т/га	Загальні витрати на вирощування, грн/га	У т. ч. додаткові, грн/га	Вартість валової продукції, грн/га	У т. ч. додаткової, грн/га	Умовно чистий прибуток з 1 га, грн	Собівартість 1 т продукції, грн	Рентабельність, %	Додатковий чистий прибуток, грн/га	Окупність додаткових витрат, рази
Без застосування препаратів (контроль I)	1,31	0	8953,8	0	10480	0	1526,2	6835,0	117	0	0
Ручні прополювання упродовж вегетаційного періоду (контроль II)	1,89	0,58	9615,9	662,1	15120	4640	5504,1	5087,8	157	3977,9	6,0
Регоплант 50 мл/га	1,74	0,43	9214,1	260,3	13920	3440	4705,9	5295,5	151	3179,7	12,2
Фабіан 90 г/га	1,98	0,67	9295,6	341,8	15840	5360	6544,4	4694,7	170	5018,2	14,7
Фабіан 100 г/га	1,92	0,61	9329,7	375,9	15360	4880	6030,3	4859,2	165	4504,1	12,0
Фабіан 110 г/га	1,88	0,57	9412,1	458,3	15040	4560	5627,9	5006,4	160	4101,7	9,0
Фабіан 90 г/га + Регоплант 50 мл/га	2,07	0,76	9509,9	556,1	16560	6080	7050,1	4594,1	174	5523,9	9,9
Фабіан 100 г/га + Регоплант 50 мл/га	2,03	0,72	9561,0	607,2	16240	5760	6679,0	4709,9	170	5152,8	8,5
Фабіан 110 г/га + Регоплант 50 мл/га	2,06	0,75	9599,3	645,5	16480	6000	6880,7	5646,6	172	5354,5	8,3
Ризобфіт 100 мл + Регоплант 250 мл/т (фон)	1,70	0,39	9338,2	384,4	13600	3120	4261,8	4533,1	146	2735,6	7,1
Фон + Регоплант 50 мл/га	1,92	0,61	9359,4	405,6	15360	4880	6000,6	4874,7	164	4474,4	11,0
Фон + Фабіан 90 г/га	2,04	0,73	9584,4	630,6	16320	5840	6735,6	4792,2	170	5209,4	8,3
Фон + Фабіан 100 г/га	2,00	0,67	9608,0	654,2	16000	5360	6392,0	4709,8	167	4865,8	7,2
Фон + Фабіан 110 г/га	1,98	0,69	9696,5	742,7	15840	5520	6143,5	4897,2	163	4617,3	6,4
Фон + Фабіан 90 г/га + Регоплант 50 мл/га	2,20	0,89	9754,3	800,5	17600	7680	7845,7	4433,8	180	6319,5	8,6
Фон + Фабіан 100 г/га + Регоплант 50 мл/га	2,18	0,83	9774,6	820,8	17440	6640	7665,4	4483,7	178	6139,2	7,1
Фон + Фабіан 110 г/га + Регоплант 50 мл/га	2,14	0,87	9815,5	861,7	17120	6960	7304,5	4586,7	174	5778,3	7,0

У результаті виконання економічної оцінки застосування досліджуваних препаратів у посівах сої встановлено, що найвищі економічні показники формувалися у варіантах досліду, де було одержано найвищі прибавки зерна. Так, за проведення ручних прополювань упродовж вегетаційного періоду (контроль II) розмір умовно чистого прибутку склав 5504,1 грн/га з рівнем рентабельності 157 %. За використання РРР Регоплант умовно чистий прибуток становив 4705,9 грн/га з рівнем рентабельності 151 %. За внесення гербіциду Фабіан 90–110 г/га додатковий чистий прибуток становив 5018,1–4101,7 грн/га, рівень рентабельності при цьому складав 170–160 % за окупності додаткових витрат в 11,9–9,9 рази відповідно до норм препарату. Застосування тих же норм гербіциду сумісно з РРР Регоплант 50 мл/га забезпечило одержання умовно чистого прибутку 7050,1–6880,7 грн/га з рівнем рентабельності 174–172 %.

За використання для обробки насіння сої перед сівбою суміші МП Ризобофит 100 мл з РРР Регоплант показник рентабельності був вищим у порівнянні з контролем I на 29 %, умовно чистий прибуток склав 4261,8 грн/га. У варіанті внесення гербіциду Фабіан 90–110 г/га додатковий чистий прибуток складав 5840–5520 грн/га за рентабельності виробництва 170–163 % та окупності додаткових витрат – 8,3–6,4 рази відповідно до норм препаратів.

Аналіз цих даних показує чітку залежність формування рівня показників економічної ефективності від норм і способів внесення препаратів та урожайності культури.

Найбільш економічно виправданим виявилось використання для передпосівної обробки посівів суміші МП Ризобофит 100 мл з РРР Регоплант 250 мл/т за наступного посходового внесення гербіциду Фабіан 90–110 г/г у суміші з РРР Регоплант 50 мл/га, де умовно чистий прибуток становив 7845,7–7304,5 грн/га за рентабельності – 180–174 % та окупності додаткових витрат – 8,6–7,0 рази.

Аналіз енергетичної ефективності інтегрованого застосування гербіциду Фабіан, РРР Регоплант та МП Ризобофіт показав, що енергетично доцільною є комплексна дія досліджуваних препаратів.

Так, за використання гербіциду Фабіан 90–110 г/га енерговитрати становили 23816–23907 МДж/га при 90501–86065 МДж/га енергії отриманого врожаю, що позитивно вплинуло на формування коефіцієнту енергетичної ефективності, який становив 3,8–3,6 при 3,5 у контролі I (табл. 5.2).

Таблиця 5.2

Енергетична ефективність використання у посівах сої гербіциду Фабіан, РРР Регоплант та МП Ризобофіт (середнє за 2013–2015 рр.)

Варіант досліджу	Енерговитрати, МДж/га	Енергія врожаю, МДж/га	K_{ee}
Без застосування препаратів (контроль I)	23024	80584	3,5
Ручні прополювання упродовж вегетаційного періоду (контроль II)	23494	86928	3,7
Регоплант 50 мл/га	23658	87535	3,7
Фабіан 90 г/га	23816	90501	3,8
Фабіан 100 г/га	23898	86033	3,6
Фабіан 110 г/га	23907	86065	3,6
Фабіан 90 г/га + Регоплант 50 мл/га	24350	94965	3,9
Фабіан 100 г/га + Регоплант 50 мл/га	24371	92610	3,8
Фабіан 110 г/га + Регоплант 50 мл/га	23926	88526	3,7
Ризобофіт 100 мл + Регоплант 250 мл/т (фон)	24392	90250	3,7
Фон + Регоплант 50 мл/га	24012	86443	3,6
Фон + Фабіан 90 г/га	24423	97692	4,0
Фон + Фабіан 100 г/га	24449	95351	3,9
Фон + Фабіан 110 г/га	24461	95398	3,9
Фон + Фабіан 90 г/га + Регоплант 50 мл/га	24480	100368	4,1
Фон + Фабіан 100 г/га + Регоплант 50 мл/га	24497	97988	4,0
Фон + Фабіан 110 г/га + Регоплант 50 мл/га	24500	98000	4,0

Водночас за використання тих же норм Фабіану сумісно з РРР Регоплант у нормі 50 мл/га енерговитрати на вирощування культури збільшилися, проте до 94965–90250 МДж/га зросла й енергія врожаю та показники K_{ee} , які

складали 3,9–3,7, тоді як у варіанті окремої дії Регопланту забезпечило енергія врожаю склала 87535 МДж/га, а K_{ee} – до 3,7.

За використання передпосівної обробки насіння МП Ризобофіт 100 мл з РРР Регоплант 250 мл/т енергія отриманого врожаю склала 90250 МДж/га за K_{ee} 3,7.

Висока енергетична ефективність у посівах сої була відмічена за комплексної дії суміші Ризобофіту 100 мл і Регопланту 250 мл/т та обприскування посівів Фабіаном 90–110 г/га з Регоплантом 50 мл/га. Так, у даних варіантах дослідження енергія одержаного врожаю зростала відносно контролю I на 19440–17074 МДж/га, або – 25–22 % за збільшення рівня енергетичної ефективності до 4,1–4,0 при 3,5 у контролі I.

Отже, використання композиції мікробіологічного препарату Ризобофіт 100 мл з регулятором росту рослин Регоплант у нормі 250 мл/т з наступною обробкою посівів гербіцидом Фабіан 90 г/га з Регоплантом 50 мл/га забезпечує формування найвищого додаткового врожаю в середньому на рівні 0,96 т/га, за додаткового чистого прибутку 6319,5 грн/га і рівня рентабельності 180 %, окупності додаткових витрат – 8,6 рази та коефіцієнта енергетичної ефективності – 4,1.

УЗАГАЛЬНЕННЯ

Узагальнення даних літератури та результатів досліджень, виконаних на прикладі сої, дає підставу стверджувати, що інтегроване застосування гербіциду з РРР на фоні обробки насіння біологічними препаратами дозволяє підвищити ефективність симбіотичної системи *Glycine max* (L.) Merr. – *Bradyrhizobium japonicum*.

Застосування гербіциду Фабіан 90 г/га в суміші з Регоплантом 50 мл/га на фоні передпосівної обробки насіння сумішшю Ризобофіту 100 мл з Регоплантом 250 мл/т забезпечує підвищення ефективності функціонування симбіотичної системи *Glycine max* (L.) Merr. – *Bradyrhizobium japonicum*, що супроводжується збільшенням кількості і маси активних бульбочок на коренях сої від фази бутонізації до фази завершення цвітіння–початку утворення бобів у 1,3–2,0 рази. За даної композиції препаратів кількість бактерій *Bradyrhizobium japonicum* у бульбочках сої зростає на 66 % за вмісту леггемоглобіну в бульбочках 9,1 мг/г сирої речовини (коефіцієнт кореляції між чисельністю азотфіксувальних бактерій у бульбочках і вмісту у них леггемоглобіну засвідчив середній прямий зв'язок $r=0,41$).

Оптимальне функціонування бобово-ризобіальної системи *Glycine max* (L.) Merr. – *Bradyrhizobium japonicum*, яке простежувалось за сумісної обробки насіння сої перед посівом МП Ризобофіт 100 мл з РРР Регоплант 250 мл/т та наступного посихового внесення гербіциду Фабіан у нормі 90 г/га разом з РРР Регоплант 50 мл/га, в ґрунті значно активізується розвиток асоціативних азотфіксаторів родів *Azotobacter* (на 96 %) та *Clostridium* (133 %); загальної чисельності бактерій (65 %), мікроміцетів (75 %), актиноміцетів (48 %); целюлозоруйнівних (29 %), амоніфікуючих (85 %) та нітрифікуючих бактерій (148 %), що сприяє посиленню ферментативної діяльності ґрунту: зростанню активності каталази (48 %), інвертази (28 %) та протеази (62 %) за коефіцієнта кореляції між узагальненими показниками чисельності мікробіоти і ферментативної активності ґрунту $r=0,73$.

Поліпшення умов функціонування симбіотичної системи *Glycine max* (L.) Merr. – *Bradyrhizobium japonicum* за одночасної активізації життєдіяльності мікробних угруповань сприяє покращенню проходження в рослинах сої фізіолого-біохімічних процесів. За використання композиції Ризобофіт (100 мл) з Регоплантом (250 мл/т) + Фабіан (90 г/га) з Регоплантом (50 мл/га) відбувається формування оптимального за морфоструктурою листкового апарату (Км складає 0,71–0,75), що відповідає мезоморфному типу листків, характерних для найбільш продуктивних посівів, та забезпечує створення у фазі початку цвітіння оптимальної площі листкової поверхні посівів (перевищення контролю I складало 53 %). За данного поєднання препаратів у рослинах сої зростає кількість судинно-волокнистих пучків у стеблі (44 %) та кількість в них судин (56 %), що може свідчити про покращення умов водозабезпечення і мінерального живлення, а також збільшується вміст у листках суми хлорофілів *a* і *b* (17 %).

Гербіцид Фабіан у нормах 90–110 г/га забезпечує ефективне контролювання сегетальної рослинності у посівах сої, проте частка знищених бур'янів значно зростає за сумісного його використання з РРР Регоплант у нормі 50 мл/га на фоні передпосівної обробки насіння сумішшю біологічних препаратів МП Ризобофіт 100 мл й Регоплант 250 мл/т (знищення бур'янів через місяць після застосування препаратів за кількістю складало 91–92 %, за масою – 90–91 %, перед збиранням врожаю – 90–92 % за кількістю та 89–90 % – за масою).

Найвищу врожайність посіви сої формували за передпосівної обробки насіння Ризобофітом (100 мл) з Регоплантом (250 мл/т) з наступним обприскуванням Фабіаном (90 г/га) з Регоплантом (50 мл/га), де перевищення контролю I складало 0,89 т/га. При цьому покращується якість зерна (вміст у зерні білків зростає на 1,7 %, вміст олії – на 1,8 %).

Найбільш економічно вигідним є поєднання передпосівної обробки насіння сої сумішшю біологічних препаратів Ризобофіт 100 мл з Регоплантом 250 мл/т із наступною обробкою посівів сумішшю Фабіану 90 г/га з

Регоплантом 50 мл/га, де умовно чистий прибуток становив 7845,7 грн/га, за рентабельності – 180 %, окупності додаткових витрат – 8,6 разів і коефіцієнта енергетичної ефективності – 4,1.

Представлені в книзі експериментальні мікробіологічні, фізіолого-біохімічні та анатомічні дані щодо інтегрованої дії біологічних препаратів з гербіцидом на продукційні процеси рослин сої з отриманням високих врожаїв, можуть слугувати науковим підґрунтям для розробки та впровадження у виробництво композиції препаратів, що забезпечують одержання високоякісного врожаю за зниженого пестицидного навантаження на агроценози й навколишнє природне середовище.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кравецький В. М. Екотоксикологічне обґрунтування засобів хімізації / В. М. Кравецький // Агроєкологічний журнал. – 2002. – № 2. – С. 24–30.
2. Душко П. М. Ресурсозберігаюча екологоощадна технологія сої в підвищенні родючості ґрунту / П. М. Душко // Мат. Всеук. наук. конф. молодих вчених. – Умань, 2011. – Ч. 1. – С. 36–37.
3. Петюх Г. П. Сучасні агротехнології в Україні: проблеми та перспективи / Г. П. Петюх, В. П. Патика // Агроєкологічний журнал. – 2005. – № 1. – С. 3–7.
4. Сайко В. Ф. Землеробство в сучасних умовах / В. Ф. Сайко // Вісник аграрної науки. – 2002. – № 5. – С. 5–10.
5. Лобков В. Т. Экономическая и биоэнергетическая оценка факторов биологизации в звене севооборота // В. Т. Лобков, Н. И. Абакумов, А. Н. Кружков // Вестник Орел ГАУ. – 2009 – № 4. – С. 10–14.
6. Артеменко С. Соя як один із попередників під озиму пшеницю / С. Артеменко // Пропозиція – 2013. – № 8. – С. 66–69.
7. Трибель С. О. Захист рослин як складова продовольчої безпеки / С. О. Трибель, О. О. Стригун // Агробізнес сьогодні. – 2013. – № 22. – С. 29–30.
8. Вітовський П. Я. Соевий «бум» / П. Я. Вітовський // Агровісник. – 2006. – № 1. – С. 18–20.
9. Патика В. П. Біологічний азот / В. П. Патика, С. Я. Коць, В. В. Волкогон. – К.: Світ, 2003. – 424с.
10. Безуглий М. Д. Сучасні біотехнології у рослинництві / М. Д. Безуглий // Вісник аграрної науки. – 2009. – № 9. – С. 5–7.
11. Чучвага І. Г. Особливості процесу нітрифікації в кореневій зоні рослин жита озимого за дії мінерального азоту та передпосівної бактеризації / І. Г. Чучвага, В. В. Волкогон // Сільськогосподарська мікробіологія. – 2013. – № 17. – С. 79–88.

12. Пати́ка В. П. Напря́ми і координа́ція наукови́х дослі́джень ґрунто́вої мікробіоло́гії / В. П. Пати́ка // Ві́сник аграрно́ї науки. – 1996. – № 6. – С. 5–10.
13. Григо́р'єва О. Мікробні́ препара́ти і комплексні́ добрива́ у техноло́гії ви́рощуванн́я соняшника́ / О. Григо́р'єва // Про́позиція. – 2014. – № 4. – С. 80–81.
14. Зуза́ В. С. Поєднанн́я фітоце́нотично́го впли́ву культу́ри та ді́ї гербіци́дів на забур'яне́ність посі́вів со́ї та кукурудзи́ / В. С. Зуза́, Р. А. Гу́тянський // Кара́нтин і захи́ст рослин. – 2015. – № 2. – С. 3–6.
15. Сто́рчоус І. Контро́ль бур'янів́ у посі́вах со́ї / І. Сто́рчоус // Про́позиція. – 2014. – № 7–8. – С. 98–103.
16. Sarnaik S. S. Effect of application of different pesticides to soybean on the soil microflora / S. S. Sarnaik, P. P. Kanekar, V. M. Raut, S. P. Taware, K. S. Chavan, B. J. Bhadbhade // *Journal of Environtal Biology*. – 2006. – 27 (2). – 423–426.
17. Іу́тинська́ Г. О. Ґрунто́ва мікробіоло́гія. – К.: Арісте́й, 2006. – 284 с.
18. Біоло́гічно́ активні́ речови́ни в рослинни́цтві / З. М. Грица́єнко, С. П. Поно́маренко, В. П. Ка́рпенко, І. Б. Леонтью́к. – К.: ЗАТ „НІ́ЧЛАВА”, 2008. – 352 с.
19. Palyka V. P. Phytopathogenic Bacteria in the System of Modern Agriculture / V. P. Palyka, L. A. Pasichnyk // *Мікробіоло́гічний жу́рнал*. – 2014. – Т. 76, № 1. – С. 21–26.
20. Ка́рпенко В. П. Ефе́ктивні́сть засто́сування́ різни́х норм гербіци́ду Ло́гран окре́мо і в бакови́х сумі́шах із регуля́тором рос́ту рослин А́гростимулі́ном у посі́вах я́чменю́ ярого́ / В. П. Ка́рпенко, І. Ю. Тка́ченко // Збі́рник студентськи́х наукови́х праць Уманського́ НУС. – Умань, 2010. – Ч.1. – С. 138–139.
21. Дерев'я́нський В. П. Ефе́ктивні́сть біоло́гічних препара́тів та мікроеле́ментів у техноло́гії ви́рощуванн́я пше́ниці яро́ї / В. П. Дерев'я́нський,

О. С. Власюк, І. М. Малиновська // Сільськогосподарська мікробіологія. – 2013. – Вип. 17. – С. 111–118.

22. The Soybean. Botany, production and use. Edited by Guriqbal Singh. – Ludhiana: CABI, 2010. – 510 p.

23. Стригун А. Многогранность защиты сои / А. Стригун, С. Трыбель // Зерно. – 2013. – № 11. – С. 109–116.

24. Kalam A. Influence of nhexaconazol, carbofuran and ethion in soil microflora and dehydrogenase active in soil and intact cell / A. Kalam & A. Mukherjee // Indian Journal of Experimental Biology. – 2001. – № 1. – pp. 90–94.

25. Гербіциди і продуктивність сільськогосподарських культур / [З. М. Грицаєнко, А. О. Грицаєнко, В. П. Карпенко та ін.]; за ред. З. М. Грицаєнко. – Умань, 2005. – 687 с.

26. Іващенко О. О. Енергетичні аспекти агрофітоценозів / О. О. Іващенко // Карантин і захист рослин – 2005. – № 3. – С. 21–23.

27. Захаренко В. А. Снижение засорености полей – наша первостепенная задача / В. А. Захаренко // Карантин и защита растений – 2005. – № 3. – С. 4–8.

28. Іващенко О. О. Екологічні принципи регулювання агрофітоценозів / О. О. Іващенко // Захист рослин. – 2005. – № 8 (110). – С. 6–8.

29. Мордерер Є. Ю. Сучасний стан, проблеми та перспективи подальшого розвитку хімічного методу боротьби з бур'янами / Є. Ю. Мордерер // Физиология и биохимия культурных растений. – 2008. – Т. 40. № 6. – С. 493–500.

30. Жеребко В. М. Хімічний метод контролю забур'яненості посівів в інтенсивних технологіях вирощування сільськогосподарських культур / В. М. Жеребко // Карантин і захист рослин. – 2014. – № 2. – С. 22–24.

31. Мордерер Є. Ю. Гербіциди. Механізм дії та практика застосування: Монографія / [Є. Ю. Мордерер, Ю. Г. Мережинський]; за ред. Є. Ю. Мордерера. – К.: Логос, 2009. – С. 75–82.

32. Мордерер Є. Ю. Застосування бакових сумішей гербіциду гранстару та ланцелоту на посівах озимої пшениці / Є. Ю. Мордерер, Ю. Г. Мережинський, О. С. Лук'яненко // Физиология и биохимия культурных растений. – 2002. – Т. 34. № 1. – С. 35–39.
33. Петриченко В. Ф. Виробництво та використання сої в Україні / В. Ф. Петриченко // Вісник аграрної науки. – 2008. – № 3. – С. 24–27.
34. Дерев'янський В. П. Біологічний захист пшениці ярої / В. П. Дерев'янський // Карантин і захист рослин. – 2012. – № 10. – С. 1–3.
35. Марущак О. Вирощування сої з інокулянтами / О. Марущак // Агроном. – 2013. – № 1. – С. 152–153.
36. Макаренко Н. А. Придатність пестицидів для захисту сільськогосподарських рослин в органічному виробництві / Н. А. Макаренко, В. І. Бондар, А. В. Сальнікова // Карантин і захист рослин. – 2014. – № 12. – С. 3–4.
37. Іутинська Г. О. Шляхи регулювання функцій мікробних угруповань ґрунту в аспекті біологізації землеробства і стійкого розвитку агроєкосистем / Г. О. Іутинська // Сільськогосподарська мікробіологія. – 2006. – №3. – С. 7–18.
38. Мікроорганізми і альтернативне землеробство / Патица В. П., Тихонович І. А., Філіп'єв І. Д. та ін. – К.: Урожай, 1993. – 176 с.
39. Волкогон В. В. Шляхи активізації процесу асоціативної азотфіксації в агроценозах / В. В. Волкогон // Сільськогосподарська мікробіологія. – 2011. – № 14. – С. 7–30.
40. Халеп Ю. М. Економічне обґрунтування доцільності застосування біопрепаратів при вирощуванні бобових культур / Ю. М. Халеп, Н. М. Веремейчик, В. П. Горбань, Д. В. Крутило // Сільськогосподарська мікробіологія. – 2007. – № 6. – С. 132–139.
41. Бровдій В. М. Біологічний захист рослин / В. М. Бровдій, В. В. Гулий, В. П. Федоренко –К.: Світ, 2003. – 352 с.

42. Пати́ка В. П. Біологічний азот у системі землеробства / В. П. Пати́ка, Т. Т. Гнатюк, Н. М. Булеца та ін. // Землеробство. – 2015. – № 2. – С. 12–20.
43. Мельничук Т. М. Мікробні препарати системі біоорганічного землеробства [Електронний ресурс] / [Мельничук Т. М., Пати́ка В. П.] // Збірник статей «III-го Всеукраїнського з'їзду екологів з міжнародною участю». – Вінниця, 2011. – Т.2. – С. 423–426. Режим доступу: <http://есо.com.ua>. – Назва з екрана.
44. Курдиш І. К. Інтродукція мікроорганізмів у агроєкосистеми. – К.: Наукова думка, 2010. – 255 с.
45. Толкачев Н. З. Потенциальные возможности симбиотической азотфиксации при выращивании сои на юге Украины / Н. З. Толкачев // Мікробіологічний журнал. – 1997. – Т. 59. № 4. – С. 34–40.
46. Таран Н. Ю. Регулятори росту рослин у формуванні адаптивних реакцій рослин до посухи / Н. Ю. Таран, Н. Б. Светлова, О. А. Оканенко та ін. // Вісник аграрної науки. – 2004. – № 8. – С. 29–32.
47. Мікробні препарати у землеробстві. Теорія і практика: Монографія / В. В. Волкогон, О. В. Надкернична, Т. М. Ковалевська та ін. – К.: Аграрна наука, 2006.– 312 с.
48. Воцелко С. К. Роль обробки насіння бобових культур біологічним препаратом ЕПАА у підвищенні імунітету та продуктивності рослин / С. К. Воцелко, С. В. Лапа, Л. А. Данькевич // Сільськогосподарська мікробіологія. – 2007.– Вип. 5.– С. 161–170.
49. Бородавченко А. А. Как снизить гербицидную нагрузку на ячмень / А. А. Бородавченко, Л. А. Дорожкина // Защита и карантин растений. – 2006. – № 6. – С. 30.
50. Грицаєнко З. М. Ефективність сумісного застосування гербіцидів і біостимуляторів росту в посівах кукурудзи / З. М. Грицаєнко, В. П. Карпенко, Н. Л. Кваша // Ефективність хімічних засобів у підвищенні продуктивності

сіськогосподарських культур: зб. наук. пр. Уманської ДАА. – 2001. – С. 27–29.

51. Данильченко О. М. Передпосівна інокуляція насіння як шлях підвищення продуктивності гороху / О. М. Данильченко // Екологічні проблеми сіськогосподарського виробництва : мат. V Всеукр. наук.-практ. конф. молодих учених (м. Яремче 21–24 черв. 2011). – Яремче, 2011. – С. 19–20.

52. Карпенко В. Перспективи застосування біологічно активних речовин при вирощування нуту / В. Карпенко, О. Коробко // Селекція, насінництво, технології вирощування круп'яних та інших сіськогосподарських культур: досягнення і перспективи: зб. наук. праць Міжн. наук.-практ. конф., 25–26 квітня 2016, ПДТУ (Камянець-Подільський). – Тернопіль: Крок. 2016. – 240–242.

53. Пономаренко С. П. Новые индукторы устойчивости растений с регуляторными и биозащитными свойствами / С. П. Пономаренко // «Регуляция роста, развития и продуктивности растений»: мат. V Межнар. конф., (Минск, 28–30 ноября 2007 г.). – Минск: Право и Экономика, 2007. – С. 161.

54. Краснодемська З. Відкриття, що здивувало світ: (Регулятори росту створені українськими вченими, є найефективнішими) / З. Краснодемська // Урядовий кур'єр. – 1999. – 7 квітня. – С. 8.

55. Грицаєнко З. М. Розробка екологічно безпечних заходів боротьби з бур'янами в посівах тритикале озимого / З. М. Грицаєнко, В. П. Карпенко, Р. М. Притуляк // Збірник тез III Міжвузівської наукової конференції з міжнародною участю «Екологія – шляхи гармонізації відносин природи та суспільства», (Умань, 11 – 12 жовтня 2012 р.). – Умань, 2012. – С. 20–23.

56. Моргун В. В. Проблема регуляторів росту у світі та її вирішення в Україні / В. В. Моргун, В. К. Яворська, І. В. Драгатов // Фізіологія і біохімія культурних рослин. – 2002. – 34, № 5. – С. 371–376.

57. Регулятори росту на основі природної сировини та їх застосування в рослинництві / Яворська В. К. та ін. – К.: Логос, 2006. – 176 с.
58. Third International Symposium on microalgae and seaweed products in agriculture. – 2006. – Mosonmagyaróvár, Hungary, – Book of abstracts. – 59 p.
59. Пономаренко С. П. За менших доз пестицидів / С. П. Пономаренко // Захист і карантин рослин. – 2001. – № 4. – С. 5–6.
60. Ремесло Е. Р. Влияние предпосевной обработки семян смесью регуляторов роста с протравлением на урожайность зерновых в условиях степного Крыма / Е. Р. Ремесло // Таврійський вісник аграрної науки. – 2013. – № 2. – С. 34–66.
61. Иутинская Г. А. Разработка комплексных препаратов на основе микроорганизмов и фиторегуляторов / Г. А. Иутинская // Сб. материалов конф. «Darostim 2007. Гуминовые кислоты и фитогормоны в растениеводстве» (12–16 июня 2007 г.). – К.: Б.и., 2007. – С. 52–55.
62. Волкогон В. В. Биологические препараты комплексного действия в земледелии / В. В. Волкогон // Сб. материалов конф. «Darostim 2007. Гуминовые кислоты и фитогормоны в растениеводстве» (12–16 июня 2007 г.). – К.: Б.и., 2007. – С. 48–51.
63. Симочко Л. Ю. Спрямованість мікробних процесів у ґрунті агробіоценозів при застосуванні різних агрозаходів / Л. Ю. Симочко, В. В. Симочко, І. Й. Бігарій // Наук. Вісник Ужгородського ун-ту (Сер. Біологія) – 2010. – № 28. – С. 47–51.
64. Мекіч М. З. Функціональне та прикладне значення біологічної активності ґрунту / М. З. Мекіч, Н. М. Жура, О. І. Терек // Біологічні студії. – 2013. – Т. 7. № 3. – С. 246–258.
65. Nico van Breemen. Soil Formation / N. van Breemen, P. Buurman – 2nd edition, Kluwer Academic Publishers, 2003. – 404 p.
66. Звягинцев Д. Г. Биология почв / Д. Г. Звягинцев, Г. М. Зенова. – М.: МГУ, 2005 – 445 с.

67. Пати́ка В. П. Методичні підходи до мікробного моніторингу ґрунтів агроєко́систем / В. П. Пати́ка, О. В. Шерстобое́ва // Агроєко́логічний моніторинг та паспортизація с.-г. земель. – К., 2002. – С. 131–136.
68. Дем'яненко О. С. Потенційна целюлозолітична активність ґрунтів різних агроєко́логічних систем України / О. С. Дем'яненко, О. В. Шерстобое́ва // Агроєко́логічний журнал – 2005. – № 1. – С. 56–59.
69. Функціонування мікробних ценозів ґрунту в умовах антропогенного навантаження / К. І. Андреюк, Г. О. Іутинська, А. Ф. Антипчук та ін. – Київ: Обереги, 2001. – 240 с.
70. Федоренко В. П. Достижения и перспективы развития биологического метода защиты растений в Украине / В. П. Федоренко // Карантин і захист рослин. – 2009. – № 6. – С. 6–9.
71. Oades J. M. The role of biology in the formation, stabilization and degradation of soil structure / J. M. Oades // *Geoderma*. – 1993. – № 56. – P. 377–400.
72. Курдиш І. К. Роль мікроорганізмів у відтворенні родючості ґрунтів / І. К. Курдиш // Сільськогосподарська мікробіологія. – 2009. – № 9. – С. 7–32.
73. Gregory E. Managing Soil Microorganisms to Improve Productivity of Agro-Ecosystems / *Plant Science Issue*. – 2004. – № 2. – P. 175–193.
74. Емцев В. Т. Микробиологія / В. Т. Емцев, Е. Н. Мишустин. – М.: Дрофа, 2005. – 445 с.
75. Лобакова Е. С. Новые подходы в создании ассоциации растений с динитрофными микроорганизмами / Е. С. Лобакова, Н. Ю. Ковальская, М. М. Умаров // Сельскохозяйственная микробиология в XIX-XXI веках: тез. докл. Всерос. конф. (С.-Петербург, 14–19 июля, 2001 г.). – СПб, 2001. – С. 61–62.
76. Казакова Н. А. Функциональное биоразнообразие почвенных микроорганизмов / Н. А. Казакова // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2009. – № 1. – С. 27–28.

77. Волкогон В. В. Мікробні препарати у землеробстві / В. В. Волкогон, О. В. Надкернична, Т. В. Ковалевська та ін. – К.: Аграрна наука, 2006. – 312 с.
78. Писаренко П. В. Вибір, обґрунтування та характеристика індикаторів біологічного різноманіття ґрунту / П. В. Писаренко, С. В. Тараненко, А. О. Тараненко // Вісник Полтавської державної аграрної академії. – 2013. – № 1. – С. 20–23.
79. Умаров М. М. Микробиологическая трансформация азота в почве / М. М. Умаров, А. В. Кураков, А. Л. Степанов.– М.: ГЕОС, 2007. – 137 с.
80. Теплякова Т. В. Биологическая роль нематофаговых грибов в защите сельскохозяйственных культур от паразитических нематод / Т. В. Теплякова // «Биологическая защита растений – основа стабилизации агроэкосистем». Матер. докл. научно-практ. конф. (Краснодар, 8–9 октября 2002). – Краснодар, 2004. – С. 85–88.
81. Ницэ Л. К. Природные и агрогенные факторы, влияющие на разнообразие микроорганизмов почв / Л. К. Ницэ // Микробиология и биотехнология XXI столетия: Материалы междунар. конф., 22–24 мая 2002 г., Минск, 2002. – С. 59–60.
82. Грицаєнко З. М. Мікробіологічна активність ґрунту при застосуванні гербіцидів в посівах озимої пшениці / З. М. Грицаєнко // Вісник УДАУ. – 2003. – № 1–2. – С. 24–27.
83. Тертична О. В. Модифікація методу дифузії в агар для визначення чутливості мікроорганізмів до пестицидів / О. В. Тертична // Агроєкологічний журнал. – 2004. – № 4. – С. 68–70.
84. Круглов Ю. В. Мікрофлора почвы и пестициды / Ю. В. Круглов – М.: Агропромиздат, 1991. – 128 с.
85. Кураков А. В. Грибы в круговороте азота в почвах: автореф. дис. на соискание уч. степени доктора биол. наук / А. В. Кураков. – МГУ, М., 2003. – 50 с.

86. Стефурак В. П. Зміни структурно-функціональної організації та стабільності мікробних популяцій ґрунту в результаті антропогенного впливу / В. П. Стефурак // Вісник Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника: Серія біологія. – 2008. – Вип. 12. – С. 112–116.

87. Lloyd J. R. Bioremediation of metals and radionuclides. In: Bioremediation: Applied microbial solutions for real world environmental cleanup / J. R. Lloyd, R. T. Anderson, L. E. Macaskie // Atlas, R.M and Philp, J.C (eds). ASM Press, Washington, D.C. – 2005. – 294 p.

88. Ying T. Effect of bioaugmentation by *Paracoccus* sp. strain HPD-2 on the soil microbial community and removal of polycyclic aromatic hydrocarbon from aged contaminated soil / T. Ying, L. Yongming, S. Mingming et al. // Bioresource Technology. – 2010. – № 10. – P. 3437–3443.

89. Малиновська М. І. Динаміка формування мікробіоценозу ризосфери рослин сої, бактеризованих азотфіксувальними і фосфатмобілізувальними мікроорганізмами / М. І. Малиновська // Сільськогосподарська мікробіологія. – 2007. – №6. – С. 51–65.

90. Bardgett R. D. The biology of soil. A community and ecosystem approach. Oxford University Press, 2005. – 242 p.

91. Мордерер Є. Ю. Сучасний стан, проблеми та перспективи подальшого розвитку хімічного методу боротьби з бур'янами / Є. Ю. Мордерер // Физиология и биохимия культурных растений. – 2008. – Том 40. № 6. – С. 493–500.

92. Іщенко Т. Д. Біолого–екологічні основи формування продуктивності сільськогосподарських культур при застосуванні хімічних і біологічних засобів / Т. Д. Іщенко, П. Г. Копитко, З. М. Грицаєнко та ін. / Збірник наукових праць УДАУ. – 2008. – С. 21–43.

93. Сторчоус І. М. Вплив гербіцидів на мікрофлору ґрунту / І. М. Сторчоус // Захист і карантин рослин. – 2012. – Вип. 59. – С. 277–284.

94. Заболотний О. І. Мікробіологічна активність ґрунту при застосуванні гербіциду Мерлін / О. І. Заболотний, А. В. Заболотна // "Молодий вчений". – 2014. – № 2 (05). – С. 16–20.

95. Rosana F. Vieira. Soil microbial biomass C and symbiotic processes associated with soybean after sulfentrazone herbicide application / Rosana F. Vieira Célia Maria M. S. Silva, Adriana P. D. Silveira // Plant and Soil. November 2007. – V.300.– Is. 1–2. P. 95–103.

96. Карпенко В. П. Біологічні основи інтегрованої дії гербіцидів і регуляторів росту рослин / Карпенко В. П., Грицаєнко З. М., Притуляк Р. М. та ін. За ред. В.П. Карпенка. – Умань: Видавець «Сочінський», 2012. – 357 с.

97. Валід Ібрагім Хусейн абу Ахмадіх. Формування врожайності соняшнику, гороху, і кукурудзи залежно від прийомів догляду за посівами в умовах Північного Степу України: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук: спец. 06.01.09 "Рослинництво" / Валід Ібрагім Хусейн абу Ахмадіх. – Київ, 2003. – 24 с.

98. Milosevic. N. A. Effect of herbicides on microbiological properties of soil / N. A. Milosevic, M. M. Covedarica // Proceedings for Natural Science. – 2002. – № 102. – С. 5–21.

99. Curran W. S. Persistence of herbicides in soil / W. S. Curran // <http://extension.psu.edu/pests/weeds/control/persistence-of-herbicides-in-soil>.

100. Sebiomo A. Effect of herbicides on microbial population, soil organic matter and dehydrogenase activity / A. Sebiomo, S. A. Bankole // African journal of biotechnology. – 2011. – Vol. 10. – С. 770–778.

101. Колесников С. И. Экологическое состояние и функции почв в условиях химического загрязнения / С. И. Колесников, К. Ш. Казеев, В. Ф. Вальков. – Ростов на Д.: Изд-во Ростиздат, 2006. – 385 с.

102. Грицаєнко З. М. Вплив гербіцидів і Емістиму С на мікробіологічну активність ґрунту у посівах сої в умовах Лісостепу України / З. М. Грицаєнко, О. В. Голодрига // Зб. наук. праць Уманського НУС: «Основи біологічного рослинництва в сучасному землеробстві» – Умань, 2011. – С. 103–107.

103. Грицаєнко З. М. Вплив комплексного застосування гербіцидів і Біолану на продуктивність та структурні показники посівів сої / З. М. Грицаєнко, О. В. Голодрига, Л. В. Розборська // Агробіологія. – 2013. – Вип. 11. – С. 138–142.
104. Грицаєнко З. М. Мікробіологічна активність ризосфери пшениці озимої за різних фонів вирощування та застосування БАР // З. М. Грицаєнко, Л. Г. Волошина / Зб. наук. пр. Уманського НУС. – 2014. – Вип. 84. – С. 14–21.
105. Грицаєнко З. М. Активність мікробних процесів у ризосфері ярого ячменю за дії гербіциду й рістрегулятора Емістиму С / З. М. Грицаєнко, В. П. Карпенко // Гуминовые кислоты и фитогормоны в растениеводстве: Сб. мат. Межд. конференции, 12 – 16 июня, Киев. – К., 2007. – С. 176.
106. Тонха О. Л. Мікробний ценоз і органічна речовина чорноземів українського степового природного заповідника (відділення "Михайлівська цілина") за різного їх використання / О. Л. Тонха // Вісник ХНАУ. Ґрунтознавство. – 2011. – № 1. – С. 101–106.
107. Мацай Н. Ю. Зміни мікробіологічної активності ґрунту при використанні біопрепарату на основі асоціативних азотфіксуючих бактерій / Н. Ю. Мацай // Імунологія та алергологія: наука і практика. – 2014. – № 1. – С. 70–71.
108. Борисюк Б. В. Вплив регуляторів росту рослин на активність мікрофлори кореневої зони рослин хмелю / Б. В. Борисюк, Л. С. Дем'янчук, А. А. Бунас // Агроекологічний журнал. – 2013. – № 3. – С. 70–74.
109. Пономаренко С. П. Регулятори росту рослин на основі N-оксидів похідних піридину / С. П. Пономаренко // К.: Техніка, 1999. – 270 с.
110. Грицаєнко З. М. Мікробіологічна активність ґрунту в ризосфері кукурудзи за різних способів застосування гербіциду Базис 75 і Зеастимуліну / З. М. Грицаєнко, О. І. Заболотний // Вісник Уманського НУС. – 2012. – № 1–2. – С. 6–13.

111. Грицаєнко З. М. Активність ризосферної мікробіоти за дії гербіциду та біологічних препаратів у посівах гороху / З. М. Грицаєнко, С. А. Оратівська // Вісник Уманського НУС. – 2015. – № 1. – С. 27–34.
112. Даценко А. А. Мікробіологічна активність ризосфери гречки за дії бактеріального препарату Діазобактерин і регулятора росту рослин Радостим / А. А. Даценко // Збірник наукових праць Уманського НУС. – 2014. – Вип. – 86.– С. 215–220.
113. Круглов Ю. В. Микробиологические аспекты плодородия почвы и проблемы устойчивого земледелия / Ю. В. Круглов // Плодородие. – 2006. – №5. – С. 9–12.
114. Василюк В. М Фізіологічні особливості взаємодії сої і люпину з новими штамми повільно рослих бульбочкових бактерій. Автореф. дис. канд. біол. наук . НАН України. – 2008. – 18с.
115. Горбань В. П. Умови ефективного функціонування симбіотичної системи люпин – *Bradyrhizobium sp.* (Lupinus) / В. П. Горбань // Сільськогосподарська мікробіологія. – 2011. – Вип. 13. – С. 92–107.
116. Турган В. С. Збільшення врожайності сої в умовах зрошення / В. С. Турган // Пропозиція. – 2012. – №5. – С. 12.
117. Білко В. Вітчизняні інноваційні технології на сої / В. Білко // Пропозиція. – 2013. – №2. – С. 86.
118. Ковалевська Т. М. Ефективність спільної інокуляції сої *Bradyrhizobium japonicum* шт. 2490 *Enterobacter aerogenes* шт. 30Ф / Т. М. Ковалевська, О. В. Надкернична, В. П. Горбань і ін. // Вісник Одеського національного університету. – 2001. – Том 6, № 4. – С.149–152.
119. Сайко В. Ф. Проблеми і шляхи нагромадження та використання біологічного азоту в сучасному землеробстві України / Сайко В. Ф. // Зб. наук. праць ННЦ «ІЗ УААН» . – 2006. – Спецвипуск. – С. 8–13.
120. Шерстобоева О. В. Вирощування конюшини за використанням мікробних препаратів / Шерстобоева О. В., Коваленко Т. М. // Збірник

наукових праць ННЦ «Інститут землеробства УААН» (спецвипуск). – К.: ЕКМО, 2006. – С. 235–237.

121. Coskan A. Symbiotic nitrogen fixation in soybean / A. Coskan, K. Dogan // *Soybean Physiology and Biochemistry*, 2011. – P. 167–182.

122. Кравченко Л. В. Ризосфера – область взаємодія мікроорганізмів і рослин / Л. В. Кравченко // Всерос. Конф. «Сільськогосподарська мікробіологія в ХІХ-ХХІ веках»: Тез. докл. – Санкт-Петербург. – 2001. – С. 59.

123. Надкернична О. В. Азотфіксувальні мікробно-рослинні симбіози / О. В. Надкернична // *Сільськогосподарська мікробіологія*. – 2005. – №1–2. – С. 105–127.

124. Патица В. П. Стан і перспективи дослідження мікробної азотфіксації / В. П. Патица // *Онтогенез рослин, біологічна фіксація молекулярного азоту та азотний метаболізм*. – Тернопіль, 2001. – С. 111–115.

125. Патица В. П. Біологічна азотфіксація : вчора, сьогодні, завтра / В. П. Патица, В. В. Волкогон, О. В. Надкернична // *Фізіологія рослин в Україні на межі тисячоліть*. – Київ, 2001. – Т.1. – С. 212–226.

126. Волкогон В. В. Мікробіологічні аспекти оптимізації азотного удобрення сільськогосподарських культур. – К.: Аграрна наука. – 2007. – 143 с.

127. Моргун В. В. Ростстимулирующие ризобактерии и их практическое применение / В. В. Моргун, С. Я. Коць, Е. В. Кириченко // *Физиология и биохимия культурных растений*. – 2009. – Том 41. № 3. – С. 187–204.

128. Коць С. Я. Сучасний стан досліджень біологічної фіксації азоту / С. Я. Коць // *Физиология и биохимия культурных растений*. – 2011. – Том 43. № 3. – С. 212–225.

129. Дерев'янський В. П. Продуктивність сої залежно від застосування мікробних препаратів та гербіцидів / В. П. Дерев'янський // *Карантин і захист рослин*. – 2012. – № 4. – С. 16–18.

130. Камінський В. Ф. Вплив інокулювання насіння на продуктивність сої у Північному Лісостепу України / В. Ф. Камінський // Сільськогосподарська мікробіологія. – 2006. – № 4. – С. 84–92.
131. Алексеев О. О. Вплив бактеріального штаму *Bradyrhizobium japonicum* М 8 та 634 Б на біометричну характеристику та продуктивність вірусостійкого сорту сої Горлиця / О. О. Алексеева, В. П. Патица // Імунологія та алергологія: наука і практика. – 2014. – № 1. – С. 31.
132. Рекомендації з ефективного застосування мікробних препаратів у технологіях вирощування сільськогосподарських культур // Мельник С. І., Жилкін В. А., Гаврилюк М. М. та ін. – Міністерство аграрної політики України, Українська академія аграрних наук. – К., 2007. – 55 с.
133. Ali S. Leaf and nodule senescence in chickpea (*Cicer arietinum* L.) and the role of plant growth regulators / S. Ali, A. Bano // Pakistan. J. Bot. – 2008. – 40 (6). – P. 2481–2492.
134. Murphy A. Regulation of auxin transport by aminopeptidases and endogenous flavonoids / A. Murphy, W. A. Peer, L. Taiz // Planta. – 2000. – 211. – P. 315–324.
135. Fatima Z. Response of chickpea to plant growth regulators on nitrogen fixation and yield / Z. Fatima, A. Bano, R. Sial, M. Aslam // Pakistan J. Bot. – 2008. – 40 (5). – P. 2005–2013.
136. Ковальчук Н. В. Динаміка активності лектину при проростанні насіння квасолі (*Phaseolus vulgaris* L.) / Н. В. Ковальчук // Укр. біохім. журн. – 2006. – 78, № 1. – С. 130–134.
137. Карпова Г. А. Эффективность использования регуляторов роста и бактериальных препаратов в технологии возделывания яровой пшеницы / Г. А. Карпова, Е. Н. Зюзина // Зерновое хозяйство. – 2007. – № 5. – С. 23–25.
138. Карпутина Л. В. Взаимодействие агглютинина R1 *Rhizobium leguminosarum* 252 с ауто- и гетерологическими растительными рецепторами / Л. В. Карпутина, В. Е. Никитина, Е. Ф. Колтунова // Микробиологический журнал. – 1995. – № 1. – С. 64–71.

139. Фізіолого-біохімічні особливості живлення рослин біологічним азот / С. Я. Коць, С. М. Маліченко, О. Д. Круглова і ін. – К.: Логос, 2001. – 271 с.

140. Карпова Г. А. Оптимизация продукционного процесса агрофитоценозов проса, яровой пшеницы и ячменя при использовании регуляторов роста и бактериальных препаратов в лесостепи Среднего Поволжья / Г. А. Карпова // Автореферат дис. на соискание уч. степени доктора с.-х. наук: спец. 06.01.09. – «Растениеводство». – Пенза, 2009. – 71 с.

141. Застосування регуляторів росту при вирощуванні гороху // Елементи регуляції в рослинництві: Зб. наук. пр. / Під ред. В. П. Кухаря. – К.: ВВП Компас, 1998. – С. 316–317.

142. Леонова Н. О. Ефективність застосування нітрагіну і регуляторів росту рослин при вирощуванні сої / Н. О. Леонова, Л. В. Титова, О. В. Танцюренко та ін. // Сільськогосподарська мікробіологія. – 2007 – № 5. – С. 74–85.

143. Мурач М. О. Особливості формування симбіотичного апарату сої та продуктивність культури за впливу ризогуміну, мікроелементів і стимулятора росту рослин / М. О. Мурач, В. В. Волкогон // Сільськогосподарська мікробіологія. – 2013. – №6. – С. 51–65.

144. Сальник В. П. Вплив інокуляції і регулятора росту триман-1 на активність азотфіксації, розвиток та формування симбіозу люцерни з бульбочковими бактеріями / В. П. Сальник, В. В. Волкогон, Н. М. Мальцева, О. Е. Мамчур // Физиология и биохимия культурных растений – 2001. – № 18. – С. 87–99.

145. Глянько А. А. Активность НАДФН-оксидазы в корнях проростков гороха при ризобияльной инфекции в зависимости от действия неблагоприятных факторов / А. А. Глянько, Г. Г. Васильев, А. А. Ищенко и др. // Вісн. Харків. нац. ун-ту. – 2008. – Вип. 3. – С. 6–14.

146. Пищур І. М. Вплив сучасних гербіцидів на формування соєво-ризобіального симбіозу за використання мікробного препарату Ризогуміну /

І. М. Пищур, В. І. Канівець, І. В. Ларченко // Сільськогосподарська мікробіологія. – 2011. – № 14. – С. 100–108.

147. Seidel S. Using omethoate insecticide and legume inoculant on seed / S. Seidel, G. E. O'Connor, J. Watt, M. Sutherland // Austral J. Exp. Agric. – 1991. – 31, № 1. – P. 71–76.

148. Oehrle, N. W. Enhanced attachment of Bradyrhizobium japonicum to soybean through reduced root colonization of internally seedborne microorganisms / N. W. Oehrle, D. B. Karr, R. J. Kremer, D. W. Emerich // Can. J. Microbiol. – 2000. – №46. – P. 600–606.

149. Ikeda, J. I. Analysis of regulation site and manner of abundant nodulation in a soybean cultivar, kitamusume, Using grafting techniques Text. / J. I. Ikeda // Soil Sci. and Plant Nutr. 2001. – Vol. 47, N 4. – P. 703–710.

150. Ricardo A. M. Nodulation and nitrogen fixation in soybeans treated with herbicides / A. M. Ricardo, Nel F. Lopes, P. R. Mosqium. // R. Bras. Fisiol. Veg. – 1993. – 5, №2. P.121–126.

151. Сорокіна С. І. Изменение селективности при комплексном применении гербицидов в посевах сои / С. І. Сорокіна, Е. Ю. Мордерер // Всероссийская научная конференция молодых ученых, аспирантов и соискателей «Наука нового века – знания молодежи»: М-лы (Киров, 2011) – Киров, 2011. – С. 323–327.

152. Гуральчук Ж. З. Азотфіксувальна активність сої за сумісного застосування гербицидів і мікродобрив // Ж. З. Гуральчук, С. І. Сорокіна, О. П. Родзевич, Є. Ю. Мордерер // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського Серія «Біологія, хімія». – 2012. – Том 25 (64), № 4. – С. 34-41.

153. Сорокіна С. І. Вибірні фітотоксичність гербицидів при їх комплексному застосуванні в посівах сої: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. біол. наук: 03.00.12 / Сорокіна Світлана Іванівна; інститут фізіології рослин і генетики НАН України. – Київ, 2014. – 20 с.

154. Гутянський Р. А. Вплив гербіцидів та їх бакових сумішей на формування азотфіксувальних бульбочок соєю / Р. А. Гутянський // Физиология и биохимия культурных растений. – 2012. – 44, № 6. – С. 529–536.
155. Діденко Г. А. Екотоксикологічне обґрунтування застосування гербіцидів на посівах сої в Лісостепу України: автореф. дис. канд. с.-г. наук: 03.00.16 / Діденко Галина Сергіївна; Ін-т захисту рослин, НААН України. – К., 2011. – 17 с.
156. Биопрепараты в сельском хозяйстве. Методология и практика применения микроорганизмов в растениеводстве и кормопроизводстве / Под ред. И. А. Тихоновича и Ю. В. Круглова. – М., 2005. – 154 с.
157. Анішин Л. А. Вітчизняні біологічно активні препарати проносяться на поля України / Л. А. Анішин // Пропозиція. – 2011. – №. 5. – С.48–50.
158. Агроекологическая роль азотфиксирующих микроорганизмов в аллелопатии высших растений / В. Ф. Патыка, Г. Ф. Наумов, Л.В. Подоба и др. – Киев: Основа, 2004. – 318 с.
159. Трофимова Т. Ф. Влияние бактериальных препаратов и стимуляторов роста на продуктивность сои в условиях Кузнецкой Лесостепи / Т. Ф. Трофимова // Автореф. дис. на соиск. уч. степ. канд. с.-х. наук. спец : 06.01.01. – «Общее земледелие». – Новосибирск, 2012. – 17 с.
160. Москалець В. В. Ефективність мікробних препаратів на посівах тритікале озимого / В. В. Москалець, Т. З. Москалець // Агробіологія. – 2011. – № 6. – С. 22–26.
161. Бобро М. А. Способи підвищення продуктивності сої / М. А. Бобро, Є. М. Огурцов // Вісник Уманського ДАУ. – 2002. – № 5. – С. 47–49.
162. Григор'єва Т. М. Вплив азотфіксуючих бактерій на розвиток рослин і продуктивність сої / Т. М. Григор'єва // Вісник Уманського ДАУ. – 2002 – № 5. – С. 192–197.

163. Черницький Ю. О. Вплив мікробних препаратів на вміст хлорофілу в листках озимої пшениці / Ю. О. Черницький // Сільськогосподарська мікробіологія. – 2006. – № 4. – С. 196–199.

164. Григор'єва О. М. Продуктивність сої залежно від агротехнічних заходів її вирощування в умовах північного степу України / О. М. Григор'єва // Наукові праці інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків. – 2004. – Вип. 21 – С. 115–121.

165. Биологическая фиксация азота: асоциативная азотфиксация: [монография в 4-х т.]. С. Я. Коць, В. В. Моргун, В. Ф. Патыка и др. – К.: Логос, 2011. Т. 2. – 523 с.

166. Шевніков М. Я. Урожайність та якість насіння сої залежно від строків сівби і використання біопрепаратів / М. Я. Шевніков, М. Ю. Кулібаба // Вісник Полт. держ. аграрн. академії. – 2013 – № 3. – С. 41–44.

167. Карпенко В. П. Залежність вмісту білка та фізичних показників ярості зерна ячменю ярого від використання різних норм гербіциду Лінтуру окремо й сумісно з біопрепаратом АГАТ–25К / Карпенко В. П. // Корми і кормовиробництво : міжн. тем. наук. зб. – Вінниця, 2008. – Вип. 62 – С. 250–257.

168. Яблонская Е. К. Влияние гербицида 2,4 – Д и антидотафурулан на ростовые и синтетические процессы в проростках озимой пшеницы / Е. К. Яблонская, В. К. Плотников // Научный журнал Кубанского гос. аграр. ун-та . – 2006. – № 24 (8).– С. 1–7.

169. Бесалиев И. Н. Интенсивность транспирации листа ячменя при применении средств защиты растений / И. Н. Бесалиев, А. А. Райов // Проблемы целинного земледелия: сб. науч. трудов к 50–летию начала освоения целинных земель. – Оренбург, 2004. – С. 289 – 291.

170. Жеребко В. М. Ефективність протибур'янових заходів залежно від прийомів основного обробітку ґрунту / В. М. Жеребко, О. П. Конопольський // Карантин і захист рослин. – 2010. – № 3. – С. 12–14.

171. Круглова О. Д. Віталіст стимулює посіви сої / О. Д. Круглова, Н. М. Мандровська, Л. І. Бублик, О. Д. Чергіна та ін. // Карантин і захист рослин. – 2008 – № 7. – С. 19–20.

172. Головатюк Є. Вплив різних доз азотних добрив на вміст фотосинтетичних пігментів і сульфоліпиду у листках рослин сої / Є Головатюк, О. Ситар, Н. Таран // Вісник КНУ ім. Т. Г. Шевченка. – 2007 – № 12. – С. 34–36.

173. Михальська Л. М. Вплив елементів живлення та гербіцидів на вміст хлорофілів у рослинах сучасних сортів озимої пшениці / Л. М. Михальська, Г. О. Прядкіна, В. В. Швартау // Наук. пр. Інст. біоен. к-р та цукр. бур. – 2014 – № 20. – С. 73–76.

174. Білоножко В. Я. Фізіолого-біохімічні процеси в рослинах ячменю ярого за розільного та інтегрованого застосування гербіцидів і регуляторів росту рослин / В. Я Білоножко, В. П. Карпенко, С. П. Полторецький, Р. М. Притуляк // Вісник Полт. держ. аграрн. академії. – 2012 – № 2. – С. 7–13.

175. Заболотний О. І. Вплив гербіциду Тітус 25 і регулятора росту рослин Зеастимулін на вміст хлорофілів у листках рослин кукурудзи / О. І. Заболотний // Зб. наук. праць Уманського НУС «Основи біологічного рослинництва в сучасному землеробстві». – Умань. – 2011 р. – С. 62–65.

176. Радченко М. П. Вміст фотосинтетичних пігментів та ТБК-активних речовин у рослин сої за сумісного застосування гербіцидів та мікродобрив / М. П. Радченко, С. І. Сорокіна, Ж. З. Гуральчук, Є. Ю. Мордерер // Вчені записки Таврійського нац. ун-ту ім. В. І. Вернадського. – 2013 – Т. 26, № 1. – С. 172–177.

177. Курило В. Л. Вміст і співвідношення пластидних зелених пігментів у листках рослин сорго цукрового залежно від впливу елементів живлення та гербіцидів / В. Л. Курило, Н. О. Григоренко, О. О. Марчук // Наук. пр. Інст. біоен. к-р та цукр. бур. – 2014 – № 22. – С. 71–74.

178. Saglan A. The relations between antioxidant enzymes and chlorophyll fluorescence parameters in common bean cultivars differing in sensitivity to drought

stress / A. Salgam, N. Saruham, R. Terzi, A. Katroglu // Физиология растений. – 2011 – Т. 58, № 1. – С. 58–66.

179. Хромих Н. О. Післядія гербіцидної обробки на окисно-відновну активність та вміст хлорофілу у рослинах пшениці наступної генерації / Н. О. Хромих, Г. С. Россихіна-Галича, Ю. В. Лихолат // Наук. часопис НПУ ім. Драгоманова. – 2013 – № 5. – С. 81–86.

180. Покопцева Л. А. Використання регуляторів росту рослин для передпосівної обробки насіння соняшнику гібриду армада / Л. А. Покопцева, О. А. Єременко, Д. В. Булгаков // Вісник аграрної науки Причорномор'я. – 2015. – Вип. 4. – С. 124–135.

181. Пономаренко С. П. Біостимуляція в рослинництві – український прорив / С. П. Пономаренко // Зб. наук. праць УДАУ. – 2008. – С. 44–51.

182. Розборська Л. В. Вплив сумісного застосування гербіциду Естерону та біостимулятора росту на вміст хлорофілу в листках пшениці озимої / Л. В. Розборська // Матеріали Всеукраїнської наукової конференції молодих учених. – Умань, 2011. – Ч. 1. – С. 103–104.

183. Чернега А. О. Біологічні процеси і продуктивність посівів ячменю озимого за дії гербіциду Калібр 75 та регулятора росту рослин Біолан: автореф. дис. канд. с.-г. наук: 03.00.12 / Уман. нац. ун-т садівництва. – Умань, 2012. – 20 с.

184. Голодрига О. В. Ефективність застосування тарги супер і емістиму С у посівах сої в умовах правобережного Лісостепу України: дис. канд. с.-г. наук: 06.01.01 / Дніпропетровський держ. аграрний ун-т. – Дніпропетровськ, 2005. – 22 с.

185. Карпенко В. П. Анатомо-морфологічна будова листкового апарату ячменю ярого за дії гербіциду і рістрегуляторів / В. П. Карпенко, Р. М. Притуляк // Матеріали I Міжнародної наукової конференції «Сучасна Фітофармакологія», 24–26 квітня 2012 р., Львів. – Львів, 2012. – С. 253–255.

186. Грицаєнко З. М. Анатомічна структура епідермісу листкового апарату гречки за дії біологічних препаратів / З. М. Грицаєнко, А. А. Даценко

// Вісник Уманського національного університету садівництва. – 2014. – № 1. – С. 65–68.

187. Карпенко В. П. Фізіологічні зміни в рослинах ячменю ярого за дії біологічно активних речовин / В. П. Карпенко, Р. М. Притуляк // Вісник Уманського НУС. – 2014. – № 1 – С. 60–64.

188. Карпенко В. П. Структурна організація і функціональна активність листкового апарату ячменю ярого за дії гербіциду і біологічних препаратів / В. П. Карпенко // Вісник Львівського НАУ. – 2011. – № 15 (1). – С. 23–28.

189. Шевченко О. І. Перспективи підвищення біологізації агроценозів / О. І. Шевченко // Науково-технічний бюлетень Миронівського інституту пшениці ім. В. М. Ремесла.: до 100-річчя від дня заснування Миронівського інституту пшениці імені В.М. Ремесла УААН. –2009. – Вип. 9. – С. 301–316.

190. Заболотний О. І. Анатомічна будова епідермісу листків кукурудзи при дії гербіциду «Майстер» і регулятора росту рослин «Зеастимулін» / О. І. Заболотний // *Modern Phytomorphology*. – 2013 – № 4. – С. 373–376.

191. Грицаєнко З. М. Анатомічна будова фотосинтетичного апарату рослин ячменю озимого під впливом гербіциду Калібр 75 і регулятора росту Біолан / З. М. Грицаєнко, А. О. Чернега // Вісник Полт. держ. аграрн. академії. – 2010 – № 2. – С. 24–27.

192. Голодрига О. В. Під впливом гербіцидів і біостимуляторів / О. В. Голодрига, З. М. Грицаєнко // Карантин і захист рослин. – 2004 – № 10. – С. 24–25.

193. Грицаєнко З. М. Особливості формування анатомо-морфологічної будови стебла ячменю ярого залежно від дії гербіциду і біологічних препаратів / З. М. Грицаєнко, В. П. Карпенко // Бюлетень інституту зернового господарства. – Дніпропетровськ, 2011. – №40. – С. 45–49.

194. Білоножка В. Я Анатомічна структура епідермісу листкового апарату ячменю ярого за дії гербіциду Лінтур і його бакових сумішей із

біопрепаратом Агат-25 К / В. Я. Білоножко, В. П. Карпенко // Вісник Полт. держ. аграрн. академії. – 2009 – № 1. – С. 5–8.

195. Карпенко В. П. Значення анатомічної будови рослин у вивченні механізму дії гербіцидів / В. П. Карпенко / Матеріали Всеукраїнської наукової конференції молодих учених. – Умань, 2008. – Ч1. – С. 17–19.

196. Адамчук-Чала Н. І. Вплив іннокуляції *Bradyrhizobium japonicum* УКМ-6035 на фотосинтетичний апарат трансгенної сої / Н. І. Адамчук-Чала // Агроекологічний журнал. – 2014 – № 2. – С. 95–99.

197. Яворська В. Регулятори росту зберігають сортову типовість сільськогосподарських культур / В. Яворська, І. Драговоз, В. Мусіяка // Пропозиція. – 2004. – № 8–9. – С. 70.

198. Волкогон В. В. Вплив мікробних препаратів на формування фотосинтетичного апарату рослин люпину жовтого при дії вірусної інфекції // В. В. Вокогон, Л. П. Коломієць, О. В. Пиріг // Бюлетень Ін-ту сільського господарства степової зони НААН України. – 2012. – № 3. – С. 45–49.

199. Голодрига О. В. Вплив гербіцидів і Емістину С на мікробіологічну активність ґрунту у посівах сої в умовах Лісостепу України / О. В. Голодрига, З. М. Грицаєнко // Зб. наук. праць Уманського НУС. – 2011. – С. 103–107.

200. Биологическая фиксация азота: асоциативная азотфиксация: [монография в 4-х т.]. С. Я. Коць, В. В. Моргун, В. Ф. Патыка и др. – К.: Логос, 2011. Т. 2. – 412 с.

201. Титова Л. В. Азотфиксирующие микроорганизмы в микробно-растительных системах / Л. В. Титова, Н. О. Леонова, А. Ф. Антипчук // Биорегуляция микробно-растительных систем / под ред. Иутинской Г. А., Пономаренко С. П. Киев: Ничлава. –2010. – С. 99–195.

202. Гриник І. В. Мікробіологічні основи підвищення врожайності та якості зернових культур / І. В. Гриник, В. П. Патица, Ю. М. Шкатула // Вісник Полтавської державної аграрної академії. – 2011. – № 4. – С 7–11.

203. Bashan Y. Inoculants of plant growth promoting bacteria for use in agriculture / Y. Bashan // Biotechnol. Adv. – 1998. – V.16. – P. 729–770.

204. Грицаєнко З. М. Фізіолого-біохімічні та анатомо-морфологічні механізми формування високої продуктивності ячменю ярого за комплексної дії гербіцидів різних класів і рістрегулюючих препаратів / З. М. Грицаєнко, В. П. Карпенко // Зб. наук. праць Уманського НУС: «Основи біологічного рослинництва в сучасному землеробстві» – Умань, 2011. – С. 25–38.
205. Артеменко С. Інкрустація – ефективний захід підвищення продуктивності сої / С. Артеменко, С. Крамарьов // Пропозиція. – 2014. – № 3. – С. 86–89.
206. Голодрига О. В. Симбіотичний апарат сої / О. В. Голодрига, З. М. Грицаєнко // Карантин і захист рослин. – 2006. – № 7. – С. 16–17.
207. Гутянський Р. А. Грунтове внесення Фабіану в посівах сої / Р. А. Гутянський // Карантин і захист рослин. – 2011. – № 6. – С. 13–15.
208. Карпенко В. П. Інтенсивність процесів ліпопероксидації та стан антиоксидантних систем захисту ячменю ярого за дії гербіциду Гранстар 75 і регулятора росту Емістин С / В. П. Карпенко // Зб. наук. праць Уманського ДАУ. – 2009. – Вип. 72. – С. 44–51.
209. Datsenko V. K. Efficiency of legume-rhizobium symbiosis of different soybean varieties and strains of *Bradyrhizobium japonicum* / V. K. Datsenko, S. K. Laguta, E. P. Starchenkov et al. // *Physiology and Biochemistry of Cult. Plants*. – 1997. – 29(4). – 299–303.
210. Биологическая фиксация азота: бобово–ризобильный симбиоз: [монография в 4–х т.] / том 1 / С. Я. Коць, В. В. Моргун, В. Ф. Патыка и др. – К.: Логос, 2010. – Т. 1. – 506 с.
211. S. Eds. Amâncio Nitrogen acquisition and assimilation in higher plants / S. Eds. Amâncio, I. Stulen– Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2004. – 298 p.
212. Експериментальна ґрунтова мікробіологія : монографія / [В. В. Волкогон, О. В. Надкернична, Л. М. Токмакова та ін.]; за наук. ред. В.В. Волкогона. – К.: Аграр. наук., 2010. – 464 с.

213. Генетика развития растений. Л. А. Лутова, Н. А. Проворов, О. Н. Тиходеев и др.– С. Пб.: Наука, 2000. – 539 с.
214. Мишустин Е. Н. Клубеньковые бактерии и инокуляционный процесс / Е. Н. Мишустин, В. К. Шильникова. — М.: Наука, 1973. — 288 с.
215. Кретович В. Л. Биохимия усвоения азота воздуха растениями / В. Л. Кретович. — М.: Наука, 1994. — 164 с.
216. Чоботарь Н. И. Влияние некоторых гербицидов на взаимоотношения клубеньковых бактерий с растениями сои в условиях северной зоны Молдавской ССР // Бюлетень ВНИИ с.-х. микробиологии. – Л., – 1979. – № 32. – С. 99–100.
217. Мариноха П. Чому тільки для бобових? / П. Мариноха // Пропозиція. – 2012. – № 2. – С. 52–53.
218. Тригуба О. В. Ефективність симбіотичної азотфіксації в агроценозах люпину білого за використання біопрепаратів / О. В Тригуба., А. В. Гацюк, А. Ю. Ватажук // Мікробіологія в сучасному сільськогосподарському виробництві: мат.Х наук. конф. молодих вчених (м. Чернігів 22–24 жовт. 2014 р.). – Чернігів: Сівер-Друк, 2014. – С. 84–87.
219. Нворгу Фридай Чима. Влияние биологически активных веществ на активность симбиоза, урожайность и белковую продуктивность сои северного экотипа: автореф. дис. канд. с.-х. наук: 06.01.09 – «Растениеводство» / Н.Ф. Чима; Моск. с.-х. академи. – 20 с.
220. Голодрига О. В. Формування якості насіння сої за умов комплексного застосування гербіцидів і Емістиму С / О. В. Голодрига // Зб. наук. праць Уманського НУС: «Основи біологічного рослинництва в сучасному землеробстві». – Умань. – 2011. – С. 271–274.
221. Посыпанов Г. С. Влияние предпосевной обработки фунгицидами и инокуляции семян на показатели симбиотической деятельности посевов сои / Г. С. Посыпанов, Л. А. Буханова, В. Ф. Федоров // Известия ТСХА. – 1987. – № 1. – С. 48–53.

222. Дріботько А. В. Формування урожаю зерна сої залежно від прийомів вирощування в умовах південно-західного Степу України: автореф. дис. канд. с.-г. наук: 06.01.09 – «Рослинництво» / А. В. Дріботько; Ін-т землєва УААН. – К., 2002. – 20 с.

223. Андріюк К. І. Функція мікробних угруповань ґрунту в умовах антропогенного навантаження / К. І. Андріюк, Г. О. Іутинська, А. Ф. Антипчук та ін. – К.: Обереги, 2001. – 239 с.

224. Козакова Н. А. Функциональное биоразнообразие почвенных микроорганизмов / Н. А. Козакова // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2009. – № 1 (8). – С. 27–28.

225. Bashan Y. Azospirillum – plant relationship: physiological, molecular, agricultural and environmental advances / Y. Bashan, G. Holguin, L. De-Bashan // Appl. Environ. Microbiol. – 2004. – № 8. – P. 521–577.

226. Петриченко В. Ф. Сільськогосподарська мікробіологія і збалансований розвиток агроєкосистем / В. Ф. Петриченко, І. А. Тихонович, С. Я. Коць та ін. // Вісник аграрної науки. – 2012. – № 8. – С. 5–11.

227. Карпенко В. П. Азотфіксувальні мікроорганізми роду *Azotobacter* ризосфери ячменю озимого за обробки посівів гербицидом Калібр 75 і регулятором росту рослин Біолан / В. П. Карпенко, Р. М. Притуляк, А. О. Чернега // Наукові записки Тернопільського НПУ ім. Володимира Гнатюка. – 2014. – № 3 (60). – С. 83–87.

228. Карпенко В. П. Влияние гербицида и регуляторов роста растений на биологическую активность почвы в посевах ярового ячменя / В. П. Карпенко, С. П. Полторецкий, Р. М. Притуляк // Периодический журнал научных трудов «ФЭН–Наука». – Бугульма (Татарстан) – 2012. – № 2 (5). – С. 9–10.

229. Болоховська В. А. Роль біодеструктора стерні у формуванні мікробного ценозу та відтворення родючості ґрунту / В. А. Болоховська // Агробізнес сьогодні. – 2012. – № 11. – С. 44–45.

230. Копилов Є. П. Грунтові гриби як біологічний чинник впливу на рослини / Є. П. Копилов // Сільськогосподарська мікробіологія. – 2012. – № 15–16. – С. 7–28.

231. Шевченко І. П. Вплив способів обробітку і добрив на стан мікробного ценозу та фітотоксичні властивості чорнозему типового еродованого / І. П. Шевченко, Ю. О. Драч, С. В. Яценко // Вісник аграрної науки. – 2006. – № 10. – С. 12–15.

232. Сторчоус І. Застосування гербіцидів: очікуваний ефект та побічний вплив / І. Сторчоус // Пропозиція. – 2014. – № 1. – С. 103–105.

233. Мерецкая Е. Ф. Формирование микробиоценозов в почве под озимой пшеницей / Е. Ф. Мерецкая, М. М. Дямченко // Земледелие. – 2008. – № 2. – С. 12 – 13.

234. Биологическая фиксация азота: асоциативная азотфиксация: [монография в 4-х т.]. С. Я. Коць, В. В. Моргун, В. Ф. Патыка и др. – К.: Логос, 2011. Т. 3. – 404 с.

235. Грицаєнко З. М. Бакові суміші гербіцидів з регуляторами росту – ефективний засіб підвищення продуктивності зернобобових культур / З. М. Грицаєнко, В. П. Карпенко // Пропозиція.– 2003. – № 3. – С. 60.

236. Чорнобривець В. Грунтові мікроорганізми і їх значення для рослин / В. Чорнобривець // Агробізнес сьогодні – 2011. – № 9. – С. 12–15.

237. Грицаєнко З. М. / Фізіологічні процеси в рослинах ярого ячменю і мікробіологічні процеси в ґрунті за дії гербіциду Гранстару й регулятора росту рослин Емістиму С / Грицаєнко З. М., Карпенко В. П. // «Теоретичні і практичні аспекти використання національного генофонду та ефективні екологічно безпечні технології виробництва сільськогосподарської продукції»: мат. міжн. наук.–практ. конф., 25 – 27 червня 2008 р. – Львів, 2008. – С. 99– 105.

238. Манаєва Н. Н. Мікробіологічна активність ґрунту під посівами гороху залежно від системи захисту рослин / Н. Н. Манаєва, М. П. Голік // Захист рослин. – 2002. – № 2. – С. 9.

239. Патыка Н. В. Влияние биопрепаратов на динамику численности бактерий и фитопатогенных грибов в агроэкосистеме картофеля / Н. В. Патыка, В. В. Бородай, Н. В. Житкевич и др. // Мікробіологічний журнал. – 2012. – Т. 74, № 2. – С. 28–35.

240. Притуляк Р. М. Біологічні особливості застосування гербіцидів і регуляторів росту рослин на посівах тритикале озимого в умовах Лісостепу України : автореферат дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук: спец. 03.00.12 – «Фізіологія рослин» / Р. М. Притуляк. – Умань: Уманський державний аграрний університет, 2009. – 20 с.

241. Бублик Л. І. Вплив різнополярних гербіцидів на чисельність ґрунтових мікроорганізмів у ризосфері сої / Л. І. Бублик, Г. С. Діденко, О. Д. Чергіна // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. – 2012. – Вип. 178. – с. 137–141.

242. Малиновська І. М. Стан мікробіоценозу ризосфери сої за комплексного оброблення насіння фосфатмобілізуєчими мікроорганізмами і *Bradyrhizobium japonicum* 71Т / І. М. Малиновська // Агроєкологічний журнал. – 2007. – № 3. – С. 79–83.

243. Колодяжний О. Ю. Формування мікробного комплексу чорнозему типового в агроценозі пшениці озимої за різних систем землеробства: автореферат дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук: спец. 03.00.07 «Мікробіологія» / О. Ю. Колодяжний. – Чернігів: Інститут сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва, 2015. – 20 с.

244. Волошина Л. Г. Чисельність еколого-трофічних груп мікроорганізмів ризосфери пшениці озимої на фоні різних попередників і біологічно активних препаратів / Л. Г. Волошина // Вісник уманського національного університету садівництва. – 2014. – № 1. – С. 69–73.

245. Узбек І. Х. Метод вивчення корневих систем рослин / І. Х. Узбек // Вісн. аграр. науки. – 2002. – № 10. – С. 27–30.

246. Левик В. І. Ферментативна активність ґрунтів техногенних територій Немирівського родовища сірки / В. І. Левик // Збірник наукових праць Харківського національного педагогічного університету імені Г.С. Сковороди Біологія та валеологія. – 2009. – Вип. 11. – С. 131–136.
247. Примак І. Д. Вплив системи обробітку і удобрення на ферментативну активність чорнозему типового / І. Д. Примак, В. І. Купчик, Т. В. Колесник // Агробіологія. – 2011. – № 6 (86). – С. 5–9.
248. Wyszowska J., Kucharski J., Wałdowska E. The influence of diesel oil contamination on soil enzymes activity / J. Wyszowska, J. Kucharski, E. Wałdowska // Rostlinná Výroba. – 2002. – P. 58–62.
249. Кулик А. Ф. Активність інвертази та уреазы у ґрунтах лісових біогеоценозів Присамар'я / А. Ф. Кулик, О. М. Василюк, О. В. Рошка // Вісник Дніпропетр. ун-ту. Біологія. Екологія. – 2007. – Вип. 1, Т. 3. – С. 77–81.
250. Кулик А. Ф. Активність каталази у ґрунтах лісових біогеоценозів Присамар'я / А. Ф. Кулик, О. М. Василюк // Вісник Дніпропетр. ун-ту. Біологія. Екологія. – 2009. – Вип. 17, Т. 2. – С. 63–68.
251. Инишева Л. И. Руководство по определению ферментативной активности торфяных почв и торфов / Л. И. Инишева, С. Н. Ивлева, Т. А. Щербакова. – Томск: Изд-во Том. ун-та. – 2003. – 118 с.
252. Вьяль Ю. А. Ферментативная активность и агрохимические свойства почв Пензенского ботанического сада / Ю. А. Вьяль, А. В. Шиленьков // Известия Пензенского ГПУ им. В.Г. Белинского. – 2008. – № 4. – С. 26–32.
253. Грицаєнко З. М. Стан мікробіоценозу ґрунту ризосфери сої за комплексного впливу гербіциду і ристрегулювальних речовин // З. М. Грицаєнко, Івасюк Ю. І. / Матеріали міжнародної науково-практичної конференції. Актуальні питання сучасної аграрної науки. – Умань, 2014 – С. 42–44.
254. Івасюк Ю. І. Симбіотичний стан посівів сої за дії біологічно активних речовин / Ю. І. Івасюк, В. П. Карпенко, З. М. Грицаєнко // Вісник

Уманського національного університету садівництва. – 2015. – № 2. – С. 13–16.

255. Карпенко В. П. Розвиток вільноживучих ризосферних азотфіксаторів сої за використання біологічно активних препаратів / В. П. Карпенко, З. М. Грицаєнко, Ю. І. Івасюк // Зб. наук. праць Уманського НУС. 2015. – Вип. 88, – Ч. 1. – С. 53–60.

256. Івасюк Ю. І. Стан посіву сої за обробки насіння інокулянтном Ризобофит та застосування біостимулянта Регоплант і гербіциду Фабіан / Ю. І. Івасюк, З. М. Грицаєнко, С. П. Пономаренко // Матеріали науково-практичної конференції «Ресурсозберігаючі технології та їх правова і економічна оцінка в сільськогосподарському виробництві» (м. Київ, 27–28 квітня 2016 р.). – Київ: НУБіП, 2016. – С. 94–96.

257. Івасюк Ю.І. Біологічна активність ґрунту в агроценозі сої за роздільного та інтегрованого застосування гербіциду і біологічних препаратів [Електронний ресурс] / [Ю.І. Івасюк, В.П. Карпенко, Р.М. Притуляк] // Наукові доповіді НУБіП України. – 2016. – № 5 (62).
<http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/article/view/7227/7006>

258. Івасюк Ю. І. Активність основних ґрунтових ферментів за інтегрованого застосування препаратів різної фізіологічної дії / Ю. І. Івасюк, В. П. Карпенко, Р. М. Притуляк // Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Стан і перспективи розробки та впровадження ресурсощадних, енергозберігаючих технологій вирощування сільськогосподарських культур» (м. Дніпро, 22–23 листопада 2016 р.). – Дніпро: ДДАЕУ, 2016. – С. 66–69.

259. Карпенко В. П. Особливості розвитку еколого-трофічних груп мікроорганізмів ризосфери сої за використання гербіциду Фабіан, регулятора росту рослин Регоплант і мікробіологічного препарату Ризобофит / В. П. Карпенко, Ю. І. Івасюк, З. М. Грицаєнко // Вісник Дніпропетровського державного агроекономічного університету. – 2016. – № 4 (42). – С. 29–33.

260. Грицаєнко З. М. Фізіолого-біохімічні та анатомо-морфологічні механізми формування високої продуктивності ячменю ярого за комплексної

дії гербіцидів різних класів і рiстрегулюючих препаратiв / З. М. Грицаєнко, В. П. Карпенко // Зб. наук. праць Уманського НУС: «Основи біологічного рослинництва в сучасному землеробстві» – Умань, 2011. – С. 25–38.

261. Грицаєнко З. М. Вплив гербіцидів групи комбінованих препаратiв на анатомічну будову епідермісу листків ячменю ярого / З. М. Грицаєнко, В. П. Карпенко / Зб. наук. праць Уманського ДАУ, присвячений 100-річчю з дня народження С. С. Рубіна – 2000. – С. 148-152.

262. Макаринський О. Вплив гербіцидів і біостимуляторів росту, внесених окремо і сумісно, на анатомічну будову листків гороху / О. Макаринський, З. Грицаєнко / Онтогенез рослин у природному та трансформованому середовищі. Фізіолого-біохімічні та екологічні аспекти : Тези доповідей II Міжнародної конференції, 18-21 серпня 2004 р., Львів. – Львів: СПОЛОМ, 2004. – С.243–246.

263. Кордюм Є. Л. Фенотипічна пластичність у рослин: загальна характеристика, адаптивне значення, можливі механізми, відкриті питання / Є. Л. Кордюм / Український ботанічний журнал. – 2001. – № 2. – С. 141–152.

264. Грицаєнко З. М. Анатомічні зміни в будові фотосинтетичного апарату рослин ярого ячменю під впливом сумісного застосування гербіциду Гранстар і біостимулятора росту Емістима / З. М. Грицаєнко, В. П. Карпенко / Зб. наук. праць Уманського ДАУ. – 2006. – Вип. 62. – С. 9–15.

265. Дідова В. Г. Фотосинтетична активність і продуктивність льону довгунця залежно від позакореневого підживлення / В. Г. Дідова // Вісник. агр. науки . – 2010. – Вип. 2. – С. 240–245.

266. Дерев'янський В. П. Біологізація живлення та захисту сої від хвороб / В. П. Дерев'янський // Карантин і захист рослин. – 2012. – № 2. – С. 6–8.

267. Дробітько О. М. Продуктивність фотосинтезу і урожайність сої залежно від просторового і кількісного розміщення рослин в агроценозі / О. М. Дробітько // Вісник агр. науки Причорномор'я. – 2007. – Вип. 2. – С. 240–245.

268. Назарчук А. А. Фотосинтетичний потенціал сої залежно від інокуляції насіння, фону живлення та сорту в умовах степу України / А. А. Назарчук // Вісник аграрної науки Причорномор'я. – 2015. – Вип. 1. – С. 144–151.
269. Гойсюк С. О. Фотосинтетична продуктивність озимого ріпаку в умовах південної частини Західного Лісостепу України / С. О. Гойсюк // Зб. наук. пр. Уманського ДАУ. – Умань, 2003. – Вип. 56. – С. 37–43.
270. Гуляев Б. И. Фотосинтетическая продуктивность экосистемы / Б. И. Гуляев // Физиология и биохимия культурных растений. – 2003. – Т. 35. № 5. – С. 371–381.
271. Романов В. И. Взаимосвязь процессов азотфиксации и фотосинтеза в бобовом растении // Биологическая фиксация молекулярного азота: мат. VI Всесоюз. Баховского коллокви. – Киев: Наук. думка, 1983. – С. 147–154.
272. Мельничук Т. Н. Отбор и изучение ассоциативных микроорганизмов / Т. Н. Мельничук, Н. К. Шерстобоев, Т. Ю. Пархоменко // Современное состояние и перспективы развития микробиологии и биотехнологии: Мат. Международной конференции, 1–2 июня 2006 г., Минск – Раков. – Минск; Раков, 2006. – С. 61–63.
273. Ted M. Nitrogen stress and apparent photosynthesis in symbiotically grown *Pisum sativum* L. / Ted M., DeJong, D. A. Phillips // Plant Physiol. – 1981, no. 68, pp. 309–313.
274. Карпенко В. П. Вплив гербіциду Град та його бакових сумішей з регулятором росту рослин Радостим на фотосинтетичні показники рослин тритикале озимого / В. П. Карпенко, Р. М. Притуляк // Сб. науч. тр. – Переяслав-Хмельницький, 2015. – Вип. 2. – С. 120–122.
275. Андрианова Ю. Е. Хлорофилл и продуктивность растений / Ю. Е. Андрианова, И. А. Тарчевский. – М.: Наука, 2000. – 135 с.

276. Ямалеева А. А. Физиолого-биохимическое исследование растений ячменя и пшеницы при гербицидном стрессе / А. А. Ямалеева, Р. Ф. Талипов, А. М. Ямалеев // Вестник РАСХН. – 2004. – №3. – С. 40–42.

277. Грицаєнко З.М. Вплив бакових сумішей АГАТУ–25К з Лінтуром на вміст фотосинтетичних пігментів у листках ярого ячменю / Грицаєнко З.М., Карпенко В.П. // Биологические препараты в растениеводстве: Мат. междунац. конф. «Modern concepts in agriculture», 10–13 июня 2008. – К., 2008. – С. 82–83.

278. Грицаєнко З.М. Вплив сумісного застосування гербіциду Базис із Зеастимуліном і Рексоліном на фізіологічні процеси в рослинах кукурудзи / З.М.Грицаєнко, О.І.Заболотний / Карантин і захист рослин. – 2006. – №5. – С. 18–19.

279. Пономаренко С. Біостимуляція в рослинництві – український прорив / С. Пономаренко // Аграрний тиждень. – 2010. – №16. – С. 13.

280. Грицаєнко З. М. Анатомічна будова рослин сої за інтегрованого застосування гербіциду із рістстимулювальними препаратами / З. М. Грицаєнко, Ю. І. Івасюк // Вісник Уманського національного університету садівництва. – 2014. – № 2. – С. 80–85.

281. Івасюк Ю. І. Ростові процеси рослин сої за дії біологічних і хімічних речовин / Івасюк Ю. І. // Інноваційні технології та інтенсифікація розвитку національного виробництва: матеріали II міжнар. наук.-практ. Інтернет-конф. 20–21 жовтн. 2015 р. – Тернопіль: Крок, 2015. – С. 66–68.

282. Івасюк Ю. І. Анатомічні зміни в рослинах сої за дії біологічних та хімічних / Матеріали міжнар. наук.-практ. конф. «Селекція, насінництво, технології вирощування круп'яних та інших сільськогосподарських культур : досягнення і перспективи», 25-26 квітн. 2016 р. (ПДАТУ, м. Кам'янець-Подільський). – Тернопіль : Крок, 2016. – С. 238–239.

283. Федоренко В. П. Рекомендації з захисту посівів сої від шкідників, хвороб та бур'янів / В. П. Федоренко, О. А. Грикун // Посібник українського хлібороба. – 2008. – № 1. – С. 142-148.

284. Оптимізація інтегрованого захисту польових культур / Ю. Г. Красиловець, В. С. Зуза, В. П. Петренкова, В. В. Кириченко; за ред. В. В. Кириченка, Ю. Г. Красиловця. – Х.: Магда LTD, 2006. – С. 116–130.

285. Карпенко В. П. Вплив комплексного застосування гербіцидів з біологічними препаратами на забур'яненість посівів ячменю ярого / В. П. Карпенко, І. І. Мостов'як / Інтегрований захист рослин в Україні: Тези доп. Всеукр. конф. молодих учених та спеціалістів, 3–5 грудня 2008 р. – Київ: «Колообіг», 2008 – С. 51–52.

286. Грицаєнко З. М. Забур'яненість та врожайність посівів соняшнику за різних способів застосування гербіцидів Дуал голд 960, Фюзилад форте 150 і регулятора росту рослин Радостим / З. М. Грицаєнко, Л. Ф. Підан // Вісник Уманського національного університету садівництва. – 2014. – № 2. – С. 54–59.

287. Грицаєнко З. М. Забур'яненість посівів тритикале озимого за дії протизлакового гербіциду Пума супер та регулятора росту рослин Біолан / З. М. Грицаєнко, В. П. Карпенко, Р. М. Притуляк // Вісник Уманського національного університету садівництва. – 2013. – № 1-2. – С. 20–25.

288. Голодрига О. В. Бур'яни в посівах сої / О. В. Голодрига, З. М. Грицаєнко // Карантин і захист рослин. – 2004. – № 8. – С. 11–12.

289. Березовська-Бригас В. В. Люцерновий клоп на посівах сої / В. В. Березовська-Бригас // Агроном. – 2013.– №3. – С. 108–109.

290. Патика В. П. Мікробні біотехнології в сільському господарстві / В. П. Патика, В. В. Смірнов, В. С. Підгорський та ін. // Агроекологічний журнал. – 2002 – №3. – С. 3–8.

291. Новицька Н. В. Врожайність як інтегральний показник ефективності застосування нанометалів у технології вирощування сої / Н. В. Новицька, М. Ю.Пилипчук, О. В.Ситар // Вісник Полтавської державної аграрної академії. – 2013. – № 4. – С. 32–36.

292. Каленська С. М. Урожайність як інтегральний показник реакції рослин сої на елементи технології вирощування / С. М. Каленська, Н. В.

Новицька, Л. А. Гарбар, Д. В. Андрієць // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України: Серія "Агрономія". – 2010. – Вип.149. – С. 227–234.

293. Ярош М. Технологія вирощування сої: фактори врожайності, сівба і використання добрив / М. Ярош // Агроном. – 2013. – №1. – С. 130–133.

294. Івасюк Ю. І. Продуктивність посівів сої за роздільного та інтегрованого застосування мікробного препарату, регулятора росту рослин і гербіциду / Ю. І. Івасюк // Вісник аграрної науки Причорномор'я. – 2016. – Вип. 3. – С. 89–95.

295. Тараненко С. В. Економічні аспекти застосування бакових сумішей гербіцидів на посівах озимої пшениці / С. В. Тараненко, М. М. Маренич // Вісн. Полтав. держ. аграр. акад. – 2008. – № 3. – С. 21–24.

296. Грицаєнко З. М. Вирощування сої на зерно. Економічна ефективність за умов застосування гербіцидів і біостимуляторів росту рослин / З. М. Грицаєнко, О. В. Голодрига // Карантин і захист рослин. – 2011. – № 11. – С. 14–18.

297. Халеп Ю. М. Економічна та енергетична ефективність застосування Бактопасльону в технології вирощування картоплі / Ю. М. Халеп, С. Ф. Козар, Т. О. Євтушенко // Сільськогосподарська мікробіологія. – 2013. – Вип. 17. – С. 159–169.