

УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА

НОВІКОВА ТЕТЯНА ПЕТРІВНА

УДК 579.262:633.35:661.162.6

**ОБҐРУНТУВАННЯ СИМБІОЗУ *RHIZOBIUM LEGUMINOSARUM*
BIOVAR *VICEAE* – *LENS CULINARIS* МЕДІК. ЗА ДІЇ БІОЛОГІЧНИХ
ПРЕПАРАТІВ**

03.00.07 – мікробіологія

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата сільськогосподарських наук

УМАНЬ – 2020

Дисертацією є рукопис.

Роботу виконано в Уманському національному університеті садівництва Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник: доктор сільськогосподарських наук, професор
Карпенко Віктор Петрович, Уманський національний університет садівництва, проректор з наукової та інноваційної діяльності.

Офіційні опоненти: доктор біологічних наук, старший науковий співробітник
Сафронова Лариса Анатоліївна, Інститут мікробіології і вірусології ім. Д. К. Заболотного НАН України, завідувач лабораторії інновацій та трансферу технологій;

кандидат сільськогосподарських наук
Шаховніна Олена Олександрівна, Інститут сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН, старший науковий співробітник лабораторії рослинно-мікробних взаємодій.

Захист відбудеться « 18 » грудня 2020 року о 10 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради К 74.844.02 в Уманському національному університеті садівництва Міністерства освіти і науки України за адресою: адміністративний корпус, конференц-зала, вул. Інститутська, 1, м. Умань, Черкаська обл., 20305.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Уманського національного університету садівництва за адресою: вул. Інститутська, 1, м. Умань, Черкаська обл., 20305.

Автореферат розісланий « 14 » листопада 2020 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради



Р. М. Притуляк

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Сучасний стан аграрного виробництва характеризується інтенсивним застосуванням хімічних препаратів, що негативно позначається на екологічному стані агроценозів. Проте в сучасних технологіях вирощування сільськогосподарських культур особливе місце відводиться зернобобовим, зокрема й сочевиці, яка за рахунок азотфіксувального процесу здатна себе забезпечувати азотом та сприяє зниженню норм використання азотних мінеральних добрив під наступні культури сівозміни. Тому, нині вітчизняними та зарубіжними науковцями (І. М. Малиновська, 2007; В. В. Волкогон, 2010; В. Ф. Петриченко, 2010; С. Я Коць, 2011; В. П. Карпенко, 2012; В. П. Дерев'янський, 2013; О. С. Власюк, 2013; В. П. Патица, 2015; Г. О. Іутинська, 2017; В. В. Моргун, 2018 та ін.) ведеться активний пошук шляхів біологізації основних ланок технологій вирощування як зернових, так і зернобобових культур, де першочергове значення відводиться використанню біологічних препаратів на основі природних компонентів. Наявні сучасні наукові матеріали засвідчують позитивний вплив біологічних препаратів на функціонування мікробного ґрунтового комплексу та проходження основних фізіолого-біохімічних процесів у рослинах за одночасного зростання їх продуктивності і покращення якості врожаю. Водночас, незважаючи на значну увагу дослідників до різноманіття і функціонування мікробіоценозів ґрунту, в літературі недостатньо висвітлено питання ефективності функціонування симбіотичної системи *Rhizobium leguminosarum* biovar *viceae* – *Lens culinaris* Medik. в залежності від комплексного застосування в технології вирощування мікробних препаратів і регуляторів росту рослин природного походження, зокрема, їх дії на формування симбіотичної системи та мікробних угруповань ризосфери, а звідси – на особливості перебігу основних фізіолого-біохімічних процесів та формування продуктивності посівів і якості врожаю сочевиці. Зважаючи на це, розв'язання завдання підвищення ефективності функціонування симбіотичної системи *Rhizobium leguminosarum* biovar *viceae* – *Lens culinaris* Medik. на фоні застосування біологічних препаратів забезпечить розробку рекомендацій виробництву з елементами біологізованої технології вирощування культури, наслідком чого стане розширення джерел забезпечення населення України високоякісним харчовим білком, що в нинішніх умовах є вкрай актуальним.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. В основу дисертації покладено результати наукової роботи автора, що виконувалась упродовж 2014, 2018, 2019 років і була складовою частиною тематики досліджень кафедри біології Уманського НУС «Розробка новітніх технологій виробництва зернових культур в сівозміні при застосуванні гербіцидів, рістрегулюючих речовин і мікробних препаратів» (номер державної реєстрації 0105U00560), що входить у Програму наукових досліджень Уманського національного університету садівництва «Оптимізація використання природного і ресурсного потенціалу агроєкосистем Правобережного Лісостепу України» (номер державної реєстрації 0116U003207).

Мета і завдання дослідження. Метою роботи було з'ясувати комплексну дію мікробного препарату на основі бактерій *Rhizobium leguminosarum* biovar *viceae* штам К-29 і регулятора росту рослин природного походження Регоплант на функціонування азотфіксувального симбіотичного апарату *Rhizobium leguminosarum* biovar *viceae* – *Lens culinaris* Medik., формування ризосферного мікробного комплексу та на перебіг основних фізіолого-біохімічних і продукційних процесів у рослинах сочевиці. На основі отриманих експериментальних даних – розробити, обґрунтувати і впровадити у виробництво елементи біологізованої технології вирощування сочевиці.

Для досягнення мети необхідно було вирішити наступні завдання:

- дослідити ефективність функціонування симбіотичної системи *Rhizobium leguminosarum* biovar *viceae* – *Lens culinaris* Medik. залежно від застосування мікробного препарату і регулятора росту рослин;
- виділити високоефективні штами бульбочкових бактерій з кореневої системи сочевиці, дослідити їх культурально-морфологічні особливості, вплив на ростові і продукційні процеси культури;
- з'ясувати дію мікробного препарату і регулятора росту рослин на формування й функціонування мікробних угруповань ризосфери сочевиці;
- дослідити активність основних ґрунтових ферментів у ризосфері сочевиці на фоні застосування досліджуваних препаратів та функціонування симбіотичної азотфіксувальної системи *Rhizobium leguminosarum* biovar *viceae* – *Lens culinaris* Medik.;
- встановити особливості формування біометричних показників рослин сочевиці (висота, надземна маса, площа листкового апарату) та проходження в рослинах основних фізіолого-біохімічних процесів (формування пігментного комплексу, фотосинтетичної активності) залежно від реалізації потенціалу мікробно-рослинної взаємодії на фоні використання біологічних препаратів;
- вивчити дію досліджуваних біологічних препаратів на формування продуктивності посівів сочевиці і якості врожаю;
- дати економічне й енергетичне обґрунтування застосуванню біологічних препаратів у технології вирощування сочевиці, на цій основі розробити та впровадити у технологію вирощування сочевиці науково обґрунтовані біологічні заходи, що слугуватимуть основою біологізації виробництва її зерна.

Об'єкт дослідження – функціонування симбіотичної азотфіксувальної системи *Rhizobium leguminosarum* biovar *viceae* – *Lens culinaris* Medik., мікробіологічні процеси в ґрунті, фізіолого-біохімічні процеси в рослинах та продуктивність посівів сочевиці за дії мікробного препарату і регулятора росту рослин.

Предмет дослідження – сочевиця сорту Лінза, мікробний препарат (*Rhizobium leguminosarum* biovar *viceae* штам К-29), регулятор росту рослин Регоплант, симбіотична система *Rhizobium leguminosarum* biovar *viceae* – *Lens culinaris* Medik., мікробіологічна активність ґрунту, фізіолого-біохімічні процеси у рослинах сочевиці, продуктивність посівів.

Методи дослідження. Польовий – закладання дослідів у польових умовах

для з'ясування ефективності дії мікробного препарату і регулятора росту рослин. Лабораторний – дослідження мікробіологічними, фізіолого-біохімічними методами кількісних і якісних змін у ґрунті й рослинах сочевиці. Статистичний – встановлення на основі дисперсійного та кореляційного аналізів достовірності отриманих даних.

Наукова новизна одержаних результатів. Уперше в умовах Правобережного Лісостепу України з'ясовано особливості функціонування симбіотичної азотфіксувальної системи *Rhizobium leguminosarum* biovar *viceae* – *Lens culinaris* Medik. на фоні застосування мікробного препарату (*Rhizobium leguminosarum* biovar *viceae* штам К-29) і регулятора росту рослин природного походження Регоплант. Подальшого розвитку дістало розкриття низки питань стосовно формування ризосферних мікробних угруповань сочевиці, активності ґрунтових ферментів, проходження в рослинах фізіолого-біохімічних процесів, формування продуктивності посівів і якості зерна залежно від спрямованості й активності функціонування симбіотичної азотфіксувальної системи *Rhizobium leguminosarum* biovar *viceae* – *Lens culinaris* Medik.

Уперше доведено, що найактивніше функціонування симбіотичної системи сочевиці на фоні зростання ризосферної активності мікробіоти забезпечує комплексна обробка насіння перед сівбою мікробним препаратом (*Rhizobium leguminosarum* biovar *viceae* штам К-29) у нормі 1,0 л/т у поєднанні з регулятором росту рослин Регоплант у нормі 250 мл/т та внесення по даному фону Регопланту в нормі 50 мл/га.

У посівах сочевиці за спонтанної інокуляції вперше виділено штам *Rhizobium leguminosarum* biovar *viceae* ІМВ В-7837, який на 7–16% за продуктивністю перевищує штам К-29 та еталонний виробничий штам *Rhizobium leguminosarum* biovar *viceae* 724.

На основі обґрунтування ефективності функціонування симбіотичної азотфіксувальної системи *Rhizobium leguminosarum* biovar *viceae* – *Lens culinaris* Medik. розроблено заходи з біологізації технології вирощування культури, що можуть слугувати основою для розробки подібних заходів для інших бобових.

Практичне значення одержаних результатів. Полягає у розробці та впровадженні елементів біологізації в технологію вирощування сочевиці, які реалізуються через стимулювання активності симбіотичного апарату, розвиток мікробних угруповань, проходження основних фізіолого-біохімічних і продукційних процесів у рослинах на фоні застосування мікробного препарату (*Rhizobium leguminosarum* biovar *viceae* штам К-29) і регулятора росту рослин природного походження (Регоплант). Науково обґрунтовані результати пройшли виробничу перевірку в умовах фермерського господарства «Оксамитове» (с. Пеніжкове, Христинівського району, Черкаської області, акт впровадження від 23 жовтня 2019 р.) на площі 6,2 га та в фермерському господарстві «Мазур» (с. Угловата, Христинівського району, Черкаської області, акт впровадження від 12 листопада 2019 р.) на площі 4,3 га, де забезпечили отримання високого економічного прибутку.

Для макросимбіонту (*Lens culinaris* Medik.) підібрано комплементарний високоактивний штам *Rhizobium leguminosarum* biovar *viceae* ІМВ В-7837, який

захищено патентом України (№ 142382).

Матеріали дисертаційної роботи апробовані під час викладання дисциплін Фізіологія рослин, Мікробіологія, Хімія навколишнього середовища в Уманському національному університеті садівництва.

Особистий внесок здобувача. Полягає у самостійному опрацюванні наукової літератури за темою дисертації, оволодінні необхідними методиками досліджень, виконанні польових і лабораторних досліджень, узагальненні отриманих результатів, написанні наукових статей та впровадженні результатів досліджень у виробництво.

Апробація результатів дисертації. Основні положення, що викладені в дисертації, доповідались і обговорювались на щорічних та розширених засіданнях кафедри біології Уманського національного університету садівництва (2014, 2018–2019 рр.); Всеукраїнській науково-практичній конференції, присвяченій 20-річчю заснування Голицького біостаціонару Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка «Тернопільські біологічні читання – Ternopil Bioscience – 2018» (м. Тернопіль, 2018); Науковій конференції молодих вчених, присвяченій 100-річчю з дня заснування Національної академії аграрних наук України «Мікробіологія в сучасному сільськогосподарському виробництві» (м. Чернігів, 2018); Всеукраїнської конференції молодих учених (м. Умань, 2018); Міжнародній науковій конференції «Молодь і поступ біології», присвяченій 135-й річниці від дня народження Якуба Парнаса (м. Львів, 2019); Міжнародній науково-практичній конференції «Перспективні шляхи розвитку наукових знань» (м. Київ, 2019).

Публікації. Основні положення дисертації висвітлено в 12 публікаціях, у тому числі: 5 – у фахових виданнях, що входять до наукометричних баз; 6 – тез доповідей на наукових конференціях, один патент на корисну модель.

Обсяг і структура дисертації. Дисертаційну роботу викладено на 219 сторінках машинописного тексту, в т. ч. – 156 основного тексту, включаючи 31 таблицю і рисунки. Вона складається зі вступу, шести розділів, висновків, пропозицій виробництву, списку використаних джерел наукової літератури, що нараховує 278 найменувань, з них 32 латиницею.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступній частині обґрунтовано актуальність теми, сформульовано мету і завдання, визначено об'єкт і предмет дослідження, висвітлено наукову новизну та практичне значення одержаних результатів.

Формування і продуктивність симбіотичного апарату «*Rhizobium leguminosarum* – бобова культура» за використання біологічних препаратів (огляд літератури). У розділі наведено аналіз літературних джерел вітчизняних і зарубіжних авторів з вивчення впливу різних норм і способів застосування мікробних препаратів, регуляторів росту рослин на функціонування симбіотичної системи бобових рослин, мікробіологічні процеси в ґрунті та фізіолого-біохімічні зміни в рослинах сільськогосподарських культур, у тому числі й сочевиці; розглянуто вплив мікробних препаратів, регуляторів росту рослин на формування

врожаю, його якості та економічної ефективності.

На підставі аналізу наукової літератури показано подальшу необхідність дослідження комплексної дії мікробних препаратів і регуляторів росту рослин на функціонування симбіотичної системи *Rhizobium leguminosarum* biovar *viceae* – *Lens culinaris* Medik., що й визначило основні напрями досліджень за темою дисертаційної роботи.

Умови, об'єкти та методика проведення досліджень. Експериментальну частину роботи виконано впродовж 2014, 2018, 2019 років в умовах дослідного поля навчально-виробничого відділу Уманського національного університету садівництва, розташованого в Маньківському природно-сільськогосподарському районі Середньо-Дніпровсько-Бугзького округу Лісостепової Правобережної провінції України, та лабораторних – кафедри біології Уманського НУС.

Ґрунтовий покрив дослідних ділянок – чорнозем опідзолений малогумусний важкосуглинковий на лесах з вмістом в орному шарі гумусу 3,2–3,3%, ступінь насиченості профілю ґрунту основами – 89,8–92,5%, реакція ґрунтового розчину середньоокисла (рН сольової суспензії – 5,5), гідролітична кислотність – 28–32 мг екв. на 1 кг ґрунту, вміст рухомих форм фосфору та калію (за методом Чирикова) – 80–120 мг/кг ґрунту, азоту лужногідролізованих сполук (за методом Корнфілда) – 100 мг/кг ґрунту.

Метеорологічні умови в роки проведення польових дослідів дещо різнилися, в основному за вологозабезпеченням, разом з тим найоптимальніші умови для рослин сочевиці у період активної вегетації склалися у 2014 р., що знайшло своє відображення у формуванні продуктивності посівів.

У дослідях вивчали: гельну форму міробного препарату (МБП) *Rhizobium leguminosarum* biovar *viceae* (штам К-29, титр $3,0\text{--}3,5 \times 10^9$ життєздатних бактерій в мл препарату), за допомогою якого виконували передпосівну обробку насіння з розрахунку 100 мл/га норму насіння або 1,0 л/т; регулятор росту рослин (РРР) Регоплант (Regoplant[®]), в. с. р. – біорегулятор третього покоління (регулятор росту рослин «Радостим», що містить діючі речовини Емістиму С – 0,3 г/л; калієву сіль альфа-нафтилоцтової кислоти – 1,0 мг/л; комплекс біогенних мікроелементів B^{3+} , Cu^{2+} , Mn^{2+} , Zn^{2+} , Co^{2+} , Fe^{2+} , J^- , Mo^{6+} – загальна концентрація 1,75 г/л; лікарський засіб «Діамантовий зелений» – 0,01 г/л + Аверсектин С – природний комплекс, що складається з 8 індивідуальних авермектинів – 0,01 г/л), який використовували для обробки перед сівбою насіння у нормі 250 мл/т та обприскування посівів у нормі 50 мл/га.

Схема досліду включала варіанти: 1 – не використовували препаратів, а виконували обробку водою; у варіанті 2 – проводили обробку насіння Регоплантом у нормі 250 мл/т – фон І; у 3 варіанті для передпосівної обробки застосовували гельну форму міробного препарату *Rhizobium leguminosarum* biovar *viceae* штам К-29 (1,0 л/т) – фон ІІ; у 4 варіанті мікробний препарат у вищезазначеній нормі використовували для передпосівної обробки насіння сочевиці в суміші з регулятором росту рослин Регоплант (250 мл/т) – фон ІІІ; у варіанті 5 проводили обробку вегетуючих рослин Регоплантом у нормі 50 мл/га; у

6 варіанті проводили обприскування вегетуючих рослин Регоплантом (50 мл/га) по фоні передпосівної обробки насіння ним же в нормі 250 мл/т; у 7 варіанті – із передпосівною обробкою насіння гельною формою мікробного препарату *Rhizobium leguminosarum* biovar *viceae* штам К-29 (1,0 л/т) по сходах вносили Регоплант (50 мл/га); у 8 варіанті – проводили обприскування вегетуючих рослин Регоплантом (50 мл/га) по фоні передпосівної обробки насіння МБП (1,0 л/т) у суміші з Регоплантом (250 мл/т).

У досліді висівали сорт сочевиці вітчизняної селекції Лінза, оригінатори – Інститут зернового господарства УААН; Красноградська дослідна станція ІГСЗ НААН України. Польові досліді закладали у триразовому повторенні з послідовним розміщенням варіантів. Площа дослідної ділянки – 90–100 м², облікової – 50 м². Сочевицю висівали з розрахунку 2,5 млн схожих насінин/га.

Обробку насіння досліджуваними препаратами виконували у відповідних нормах, розрахованих на масу насіння, а вегетуючих рослин – на площу – за концентрацією по відношенню до норм внесення у польових умовах. Обробку препаратами проводили в день висіву. Обприскування посівів регулятором росту рослин виконували акумуляторним ранцевим обприскувачем DS-3WF-3.

Детальний аналіз особливостей комплексної дії бактерій *Rhizobium leguminosarum* biovar *viceae* штам К-29 за різних способів застосування регулятора росту рослин Регоплант на функціонування азотфіксуючого симбіотичного апарату *Rhizobium leguminosarum* biovar *viceae* – *Lens culinaris* Medik., проходження мікробних процесів у ґрунті та фізіолого-біохімічних у рослинах сочевиці виконували в умовах вегетаційного досліді з дотриманням вимог вегетаційного методу (Журбицький З. І., 1986). Вегетаційний дослід закладали за схемою, що відповідала польовому досліді.

Основні дослідження та спостереження, аналізи в досліді виконували згідно наступних методик: формування симбіотичного апарату *Rhizobium leguminosarum* biovar *viceae* – *Lens culinaris* Medik. оцінювали у фази бутонізації, цвітіння і наливу бобів сочевиці за кількістю і масою бульбочок на кореневій системі культури згідно методики, описаної В. В. Волкогоном і ін. (2010); вміст у бульбочках леггемоглобіну – за Г. С. Посипановим і ін. (1991); розвиток симбіотичних бактерій *Rhizobium leguminosarum* biovar *viceae* у бульбочках сочевиці досліджували за методикою, описаною В. В. Волкогоном і ін. (2010); зокрема суспензію із бульбочкової тканини висівали на гороховому живильному середовищі з наступним інкубуванням і обрахунком отриманих колоній; ізоляцію та ідентифікацію нового штаму бульбочкових бактерій *Rhizobium leguminosarum* biovar *viceae* виконували за методиками В. В. Волкогона та ін. (2010) та за визначником Бергі (2005); ріст і розвиток асоціативних бактерій роду *Azotobacter* оцінювали на безазотистому живильному середовищі Ешбі за обростанням колоніями ґрунтових грудочок, роду *Clostridium* – на середовищах В. Т. Ємцева (Посипанов Г. С. і ін., 1991) і С. М. Виноградського (Попова Ж. П., 1987); загальну чисельність мікроорганізмів у ризосфері сочевиці визначали за загальноприйнятими методиками, описаними І. В. Алексеевою та ін., (1991); зокрема загальну

чисельність бактерій визначали шляхом висіву ґрунтової суспензії відповідних розведень на МПА, мікроміцетів – на Чапека, актиноміцетів – ККА, амоніфікувальних, нітрифікувальних – на елективних середовищах С. М. Виноградського, целюлозолітичних – на середовищі на О. О. Імшенецького та Л. І. Солнцевої. Чисельність мікроорганізмів виражали в колонієутворюючих одиницях (КУО) в 1 г абсолютно сухого ґрунту; активність ґрунтових ферментів: каталази – за методикою Джонсона і Темпле (Алексеева І. В. та ін., 1991), інвертази та протеази – за методиками, описаними З. М. Грицаєнко зі співавторами (2003); висоту, надземну масу рослин, площу листкової поверхні (ПЛП); чисту продуктивність фотосинтезу (ЧПФ, г/м² за добу), вміст у листках хлорофілів *a* і *b*, суми хлорофілів (*a+b*), каротиноїдів визначали за загальноприйнятими методиками (Грицаєнко З. М. та ін., 2003; Гавриленко В. Ф., Жигалова Т. В., 2003); облік урожаю виконували подільсько, збиранням і обмолочуванням валків комбайном «Сампо» з наступним зважуванням і перерахунком на стандартну вологість (Єщенко В. О. та ін., 2005); оцінку якості зерна сочевиці, зокрема маси тисячі зерен, проводили згідно ДСТУ ISO 520:2015, вміст у зерні білку визначали спектрофотометричним методом (Городній М. М. та ін., 2007; ДСТУ ISO 5983:2003; ДСТУ 4595:2006); економічну ефективність використання препаратів розраховували за загальноприйнятими методиками на основі діючих нормативів, енергетичний аналіз – за рекомендаціями, викладеними О. К. Медведовським і ін. (1988); статистичну обробку результатів досліджень проводили за методами дисперсійного та кореляційного аналізів, описаними Б. А. Доспеховим (1985).

Функціонування симбіотичного апарату *Rhizobium leguminosarum* biovar *viciae* – *Lens culinaris* Medik. та мікробних угруповань ризосфери сочевиці за дії мікробного препарату і регулятора росту рослин.

Симбіотичний апарат *Rhizobium leguminosarum* biovar *viciae* – *Lens culinaris* Medik. Дослідження кількості і маси бульбочок на кореневій системі сочевиці продемонструвало залежність їх формування від роздільного та комплексного використання мікробного препарату *Rhizobium leguminosarum* biovar *viciae* штам К-29 і регулятора росту рослин Регоплант (табл. 1). Зокрема, за обробки насіння сочевиці перед сівбою МБП (Фон II) кількість і маса бульбочок зросли у відношенні до контролю в 2,2 і 3,6 рази відповідно. За поєднаного використання для обробки насіння сочевиці перед сівбою МБП і РРР (Фон III) зростання кількості і маси бульбочок до контролю склало 2,9 і 4,1 рази. Проте, найвищі кількісно-вагові показники у формуванні симбіотичного апарату *Rhizobium leguminosarum* biovar *viciae* були відмічені у варіанті досліді із обприскуванням посівів регулятором росту рослин Регоплант на фоні передпосівної обробки насіння сумішшю мікробного препарату і Регопланту. Таке поєднання препаратів забезпечило збільшення числа бульбочок у фазі бутонізації сочевиці у 2014 р. до контролю у 3,2 а їх маси – у 4,3 рази. Подібні тенденції у формуванні кількості і маси бульбочок на кореневій системі сочевиці були відмічені в 2018 і 2019 рр., хоча в ці роки досліджувані показники були нижчими, ніж у 2014 р., що свідчить про залежність їх формування від погодних умов, зокрема – вологозабезпеченості.

Формування кількості і маси бульбочок на кореневій системі сочевиці за використання МБП і РРР (фаза бутонізації)

Варіант досліджу	2014 р.	2018 р.	2019 р.	Середнє за три роки
Без застосування препаратів (контроль)	9 / 8,7*	6 / 9,3	7 / 8,2	7 / 8,4
РРР Регоплант (250 мл/т – обробка насіння) Фон І	11 / 9,4	6 / 8,9	9 / 9,2	9 / 9,2
МБП <i>Rhizobium leguminosarum</i> biovar <i>viciae</i> штам К-29 (1,0 л/т – обробка насіння) Фон ІІ	20 / 31,7	18 / 26,8	18 / 25,6	19 / 28,0
МБП <i>Rhizobium leguminosarum</i> biovar <i>viciae</i> штам К-29 + РРР Регоплант (250 мл/т – обробка насіння) Фон ІІІ	26 / 35,9	20 / 32,6	23 / 31,1	23 / 33,3
РРР Регоплант (50 мл/га – обробка вегетуючих рослин)	9 / 8,6	7 / 10,3	9 / 8,8	8 / 9,2
Фон І + РРР Регоплант (50мл/га)	12 / 10,1	10 / 11,2	9 / 10,8	10 / 10,7
Фон ІІ + РРР Регоплант(50 мл/га)	21 / 36,4	17 / 31,5	26 / 34,9	21 / 34,3
Фон ІІІ + РРР Регоплант (50 мл/га)	29 / 37,4	23 / 36,4	28 / 36,1	27 / 36,6
<i>НІР</i> ₀₅	0,9 / 1,1	0,7 / 1,0	0,8 / 1,0	–

*Примітка.** до rischi – кількість бульбочок, шт./рослину; після rischi – маса бульбочок, мг/рослину.

Також, слід відмітити, що кількісно-вагові показники симбіотичного апарату сочевиці залежали від фази розвитку рослин та наростали, починаючи від фази бутонізації до початку наливу бобів. У середньому за фазами розвитку культури та роками досліджень найактивніше формування симбіотичного апарату *Rhizobium leguminosarum* biovar *viciae* – *Lens culinaris* Medik. відбувалось у варіанті досліджу із передпосівною обробкою насіння сумішню мікробного препарату *Rhizobium leguminosarum* biovar *viciae* штам К-29 і регулятора росту рослин Регоплант з наступним внесенням у посівах РРР Регопланту, де перевищення до контролю за кількістю і масою бульбочок складало 2,3–3,9 і 3,4 і 4,4 рази відповідно.

Розвиток бактерій *Rhizobium leguminosarum* biovar *viciae* у бульбочках сочевиці. Встановлено, що з поміж досліджуваних фаз розвитку культури, найвищу чисельність бактерій *Rhizobium leguminosarum* biovar *viciae* у бульбочках сочевиці було відмічено у фазу цвітіння, що узгоджується з даними інших науковців (Алексеев О. О., Патица В. П., 2013; Tryhuba O. V., Ryda S. V., 2015). Так, у варіанті із застосуванням МБП для обробки насіння з наступним післясходовим внесенням РРР Регоплант кількість азотфіксувальних бактерій у середньому за роки досліджень у фазу цвітіння зростала у порівнянні з контролем на 58%, водночас у варіанті з використанням цих же препаратів для обробки насіння з наступним обприскуванням посівів Регоплантом – 64%.

Отже, найоптимальнішою за впливом на чисельність у бульбочках

сочевиці бактерій *Rhizobium leguminosarum* biovar *viceae* виявилась композиція препаратів МБП і РРР – обробка перед сівбою насіння даною сумішшю з наступним обприскуванням по даному фону посівів РРР.

Синтез леггемоглобіну. Ефективність функціонування симбіотичної системи бобових рослин, у тому числі *Rhizobium leguminosarum* biovar *viceae* – *Lens culinaris* Medic., залежить від наявності в бульбочках леггемоглобіну (Кретович В. Л., 1994; Коць С. Я., Михалків Л. М., 2005; Карпенко В. П. та ін., 2016). У результаті виконаного дослідження встановлено, що найвищим вміст леггемоглобіну у бульбочках сочевиці був у фазу цвітіння (табл. 2).

Таблиця 2

Вміст леггемоглобіну (мг/г сирової речовини) в бульбочках сочевиці за дії МБП і РРР

Варіант досліджу	2014 р.	2018 р.	2019 р.	Середнє за три роки
Без застосування препаратів (контроль)	2,18	1,76	1,28	1,74
РРР Регоплант (250 мл/т – обробка насіння) Фон І	3,00	2,79	2,88	2,89
МБП <i>Rhizobium leguminosarum</i> biovar <i>viceae</i> штам К-29 (1,0 л/т – обробка насіння) Фон ІІ	5,23	4,96	4,93	5,04
МБП <i>Rhizobium leguminosarum</i> biovar <i>viceae</i> штам К-29 + РРР Регоплант (250 мл/т – обробка насіння) Фон ІІІ	7,39	5,36	5,94	6,23
РРР Регоплант (50 мл/га – обробка вегетуючих рослин)	2,83	2,09	1,86	2,26
Фон І + РРР Регоплант (50мл/га)	3,02	2,86	3,93	3,27
Фон ІІ + РРР Регоплант(50 мл/га)	5,28	4,87	5,18	5,11
Фон ІІІ + РРР Регоплант (50 мл/га)	7,52	5,49	7,15	6,72
<i>НІР</i> ₀₅	0,23	0,19	0,21	–

Так, за використання МБП *Rhizobium leguminosarum* biovar *viceae* штам К-29 як самостійно, так і в комплексі з РРР Регоплант, вміст леггемоглобіну в бульбочках сочевиці зростав і перевищував показник у контролі в середньому на 3,1–5,3 мг/г сирової речовини для 2014 р.; 3,2–3,7 мг/г – для 2018 р. та – 3,7–5,9 мг/г сирової речовини для 2019 р. досліджень. У середньому за роки досліджень у фазу цвітіння найвищий вміст леггемоглобіну у бульбочках сочевиці сорту Лінза було відмічено у варіанті посходового внесення Регопланту по фоні обробки насіння сумішшю регулятора росту рослин з мікробним препаратом *Rhizobium leguminosarum* biovar *viceae*, де перевищення до варіанту без застосування препаратів складало 5,0 мг/г сирової речовини.

У фазі утворення бобів у варіантах досліджу було відмічено зниження вмісту леггемоглобіну в бульбочках сочевиці, що, вочевидь, є результатом можливого руйнування гемового ядра леггемоглобіну та перетворенням його у зелений пігмент холіглобін.

За узагальненими показниками чисельності азотфіксувальних бактерій у бульбочках сочевиці та вмістом у них леггемоглобіну встановлено середній прямий кореляційний зв'язок ($r = 0,38$).

Виділення і вивчення культурально-морфологічних та фізіолого-біохімічних властивостей нового штаму *Rhizobium leguminosarum* biovar *viceae* IMB B-7837. У результаті аналізу зразків рослин сочевиці (більше 100), що не інокулювалися МБП, вирощених в умовах дослідного поля УНУС, з відносно великою кількістю бульбочок на корінні рослин, нами було виділено три потенційні штами *Rhizobium leguminosarum* biovar *viceae* з робочими назвами Т1, Т2 і Т3.

Дослідження та вивчення виділених штамів виконували у вегетаційних та лабораторних умовах і порівнювали з штамми *Rhizobium leguminosarum* biovar *viceae* К-29 та 724. У результаті було відібрано штам *Rhizobium leguminosarum* biovar *viceae* Т2, що нині депонований у депозитарії Інституту мікробіології і вірусології ім. Д. К. Заболотного НАН України під № IMB B-7837 (патент на корисну модель №142382).

Даний штам упродовж вегетації сочевиці формував більшу кількість бульбочок – 37 шт. (виробничий 724 – 31 шт.); вміст леггемоглобіну – 5,36 при 2,79 мг/г сирової маси бульбочок у штаму 724. У виробничих посівах надбавка урожаю зерна сочевиці до контролю (без інокуляції) за використання штаму *Rhizobium leguminosarum* biovar IMB B-7837 склала 0,36 т/га, при цьому азотфіксувальна активність перевищувала штам 724 у 1,6 рази. Застосування нового штаму *Rhizobium leguminosarum* biovar IMB B-7837 для передпосівної обробки насіння сочевиці забезпечило високі показники росту й розвитку та формування продуктивності рослин сочевиці у порівнянні з іншими досліджуваними штамми.

Азотфіксувальні мікроорганізми родів *Azotobacter* і *Clostridium*. Встановлено, що залежно від комбінування досліджуваних препаратів та фаз розвитку культури у ризосфері сочевиці простежувались зміни в чисельності асоціативних азотфіксувальних мікроорганізмів родів *Azotobacter* і *Clostridium*, проте у всіх варіантах дослідження їх чисельність зростала, що може бути свідченням продукування рослинами під дією біологічних препаратів більшої кількості ексудатів, які мають безпосередній вплив на розвиток ризосферної мікробіоти, у тому числі й вищезазначених родів (Грицаєнко З. М., Притуляк Р. М., 2010). Так, у варіантах дослідження за роздільного і комплексного використання МБП і РРР кількість оброслих грудочок ґрунту колоніями бактерій роду *Azotobacter* у середньому за три роки за фазами розвитку культури зростала до контролю на 4–11%, а чисельність бактерій роду *Clostridium* – 45–157%.

Загальна чисельність ризосферних мікроорганізмів. За результатами вегетаційного дослідження встановлено, що за роздільного та комплексного використання МБП і РРР загальна чисельність бактерій у ризосфері сочевиці зростала на 18–61%, мікроміцетів – 12–52%, актиноміцетів – 25–48% до контролю відповідно. Вочевидь, це обумовлено як покращенням процесу азотного обміну в рослинах завдяки життєдіяльності бактерій *Rhizobium leguminosarum* biovar *viceae*, як наслідок – виділенням у ризосферу більшої

кількості ексудатів, так і наростанням додаткової площі кореневої системи, необхідної для живлення мікроорганізмів, внаслідок стимулювання ростових процесів з боку РРР.

Подібні дані були одержані і в польових умовах, де найактивніший розвиток мікробіоти простежувався у варіантах із комплексним застосуванням РРР Регоплант 50 мл/га по фоні передпосівної обробки насіння МБП *Rhizobium leguminosarum* biovar *viceae* штам К-29 (1,0 л/т) разом із РРР Регоплант (250 мл/т): перевищення до контролю у середньому за роками та фазами розвитку складало 57–60% – для бактерій; 56–57% – мікроміцетів; 29–51% – актиноміцетів.

Дане комбінування досліджуваних препаратів також забезпечило активізацію розвитку в ризосфері сочевиці окремих еколого-трофічних груп мікроорганізмів – амоніфікувальних, нітрифікувальних та целюлозолітичних, чисельність яких в середньому за роками та фазами розвитку культури перевищувала контроль на 31–64%. Очевидно, що це пов'язано з комплексною дією кількох чинників, зокрема: стимулюванням проходження в рослинах фізіолого-біохімічних процесів, у тому числі й фотосинтетичних, за рахунок покращення азотного живлення рослин з боку життєдіяльності бульбочкових бактерій; посиленням ростових процесів рослин (збільшенням надземної маси та кореневої системи), обумовлених як активізацією обмінних процесів у рослинах, так і безпосереднім стимулювальним впливом на рослинний організм складових РРР Регоплант; активізацією виділення в прикореневу зону рослин ексудатів, які слугують важливим чинником розвитку ризосферної мікробіоти.

Активність основних ґрунтових ферментів. За результатами вегетаційного дослідження встановлено, що активність ґрунтових ферментів змінювалась у залежності від комбінування досліджуваних препаратів. Зокрема, за внесення у посівах сочевиці Регопланту 50 мл/га на фоні передпосівної обробки насіння Регоплантом 250 мл/т спостерігалось зростання показників активності каталази на 29%, інвертази – 17% і протеази – 47%.

Найвищу ферментативну активність ґрунту було відмічено у варіанті посходового застосування Регопланту 50 мл/га на фоні передпосівної обробки насіння сумішшю МБП + Регоплант, де показник активності каталази перевищував контроль на 48%, інвертази та протеази – 29% і 67% відповідно. Очевидно, це може бути пов'язано зі зростанням активності ґрунтової мікробіоти у ризосфері сочевиці та окремих її фізіологічних груп, адже збільшення числа ризосферних мікроорганізмів є одним із чинників активізації трансформаційних процесів, у тому числі й ферментативних (Дідович С. В. та ін., 2014).

Подібну залежність було відмічено і в польових умовах дослідження, проте ферментативна активність ґрунту залежала від погодних умов у роки досліджень, фаз розвитку культури та комбінування досліджуваних препаратів.

У середньому за роки досліджень найвища активність ґрунтових

ферментів була відмічена у фазу цвітіння сочевиці (рис. 1).

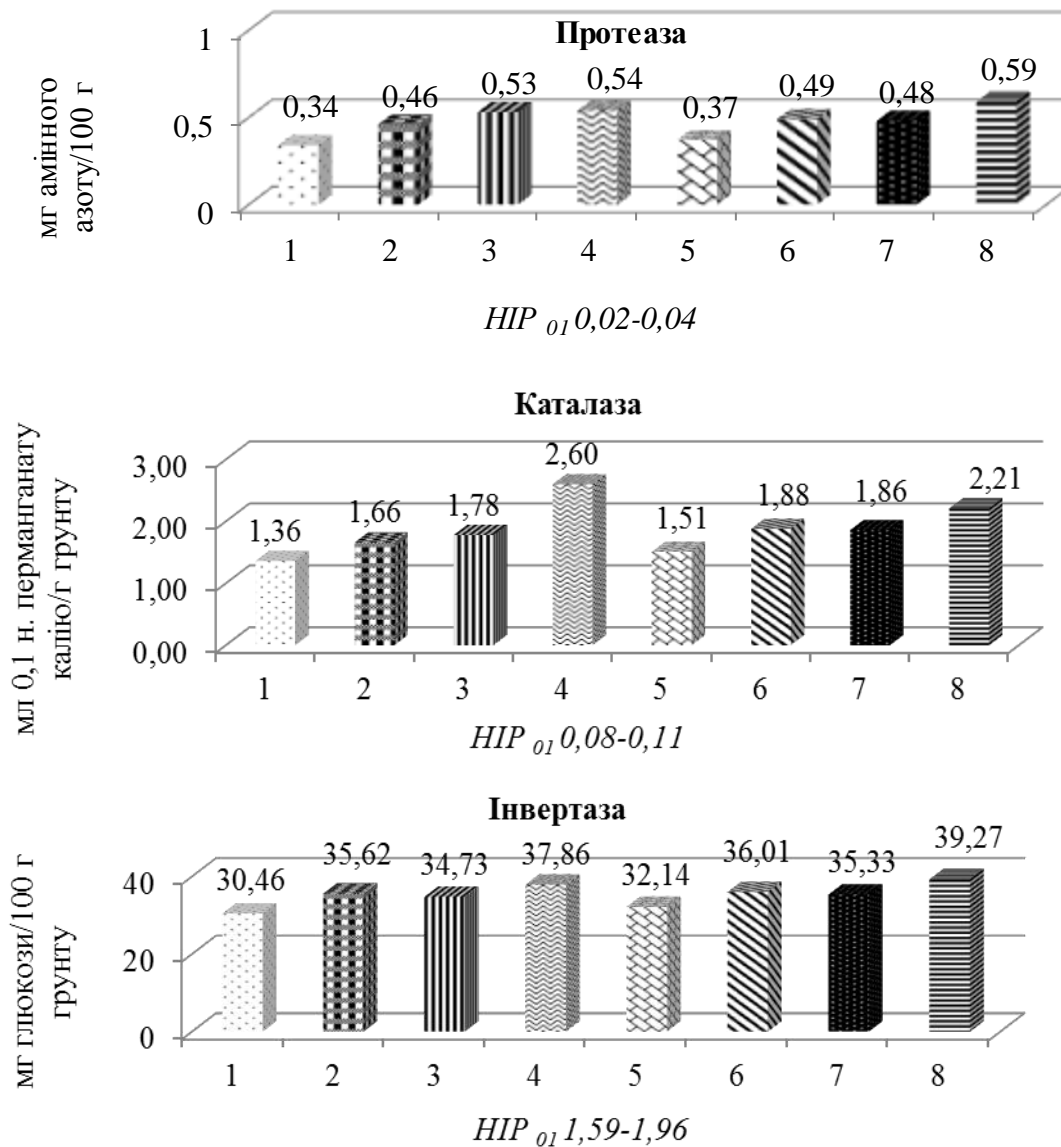


Рис. 1. Ферментативна активність ґрунту в посівах сочевиці за внесення МБП і РРР (середнє за роки досліджень, фаза цвітіння)

1. Без застосування препаратів (контроль); 2. РРР Регоплант (250 мл/т – обробка насіння) Фон І; 3. МБП *Rhizobium leguminosarum* biovar *viceae* штам К-29 (1,0 л/т – обробка насіння) Фон ІІ; 4. МБП *Rhizobium leguminosarum* biovar *viceae* штам К-29 + РРР Регоплант (250 мл/т – обробка насіння) Фон ІІІ; 5. РРР Регоплант (50 мл/га – обробка вегетуючих рослин); 6. Фон І + РРР Регоплант (50 мл/га); 7. Фон ІІ + РРР Регоплант (50 мл/га); 8. Фон ІІІ + РРР Регоплант (50 мл/га).

Так, обробка насіння МБП *Rhizobium leguminosarum* biovar *viceae* штам К-29 стимулювала на 30,9% – активність каталази, 55,9% – протеази, 14,0% – інвертази. Передпосівна обробка насіння сумішшю мікробного препарату з регулятором росту рослин забезпечила зростання активності ферментів ґрунту на 24,3% – для інвертази, на 19,1% – каталази та на 58,8% – для протеази.

Найвищі показники активізації ґрунтових ферментів склалися у посівах сочевиці за посходового застосування РРР Регоплант 50 мл/га по фоні ІІІ, зокрема перевищення до контролю для протеази становило 73,5%, інвертази і каталази – 28,9 і 62,5% відповідно, що узгоджується із високою чисельністю загальної мікробіоти ризосфери та окремих її фізіологічних груп (коефіцієнт кореляції між узагальненими показниками чисельності мікробіоти і ферментативної активності ґрунту складав $r = 0,67$).

Біологічні процеси в рослинах сочевиці за дії мікробного препарату і регулятора росту рослин.

Висота рослин і площа листкового апарату. З'ясовано, що найбільшу висоту рослини сочевиці мали у фазу утворення бобів, а площу листкового апарату – у фазу цвітіння. Так, у варіанті з обробкою перед сівбою насіння МБП висота рослин перевищувала контроль на 13%, за обробки насіння сумішшю МБП і РРР – 15%, а за обробки насіння сумішшю МБП і РРР та внесення у посівах РРР – 19%.

Стосовно формування площі листкового апарату сочевиці, то у фазу цвітіння у варіанті з комплексною передпосівною обробкою насіння МБП і РРР вона перевищувала контроль на 20%, а за внесення по даному фоні РРР – 23%.

Одержані дані дають підставу констатувати, що активізація ростових процесів сочевиці зумовлювалась інтенсифікацією проходження в рослинах основних фізіолого-біохімічних процесів за дії РРР Регоплант на фоні покращення забезпечення рослин доступними формами азоту завдяки інокуляції азотфіксувальними мікроорганізмами *Rhizobium leguminosarum* biovar *viciae* штам К-29, що узгоджується з даними інших науковців (Карпенко В. П., Івасюк Ю. І., Оратівська С. А., Шутко С. С. і ін., 2016; 2017).

Пігментний комплекс. Встановлено, що вміст фотосинтетичних пігментів у листках сочевиці був найбільшим за досліджуваними роками і фазами розвитку культури – у фазу цвітіння у 2014 р. (рис. 2).

Зокрема, за передпосівної обробки насінневого матеріалу Регоплантом показники суми хлорофілів $a+b$ та каротиноїдів у фазу цвітіння сочевиці перевищували контроль на 3 і 12%, а за інокуляції мікробним препаратом *Rhizobium leguminosarum* biovar *viciae* штам К-29 – на 7 і 17% відповідно. Водночас, у варіанті з комплексною передпосівною обробкою насіння МБП і Регоплантом перевищення до контролю становило 12% для суми хлорофілів та 24% – для каротиноїдів, що було вищим за відповідні показники у варіанті самостійної обробки насіння регулятором росту рослин на 9 і 10%, а до варіанту із самостійною обробкою мікробним препаратом – на 4 і 6% відповідно.

У варіанті дослідження із застосуванням регулятора росту рослин Регоплант 50 мл/га, внесеного на фоні передпосівної обробки насіння сумішшю мікробного препарату і Регопланту, вміст суми хлорофілів перевищував контроль на 21%, каротиноїдів – 31%, що було більшим за відповідні показники у фазі бутонізації рослин на 87 і 67% відповідно.

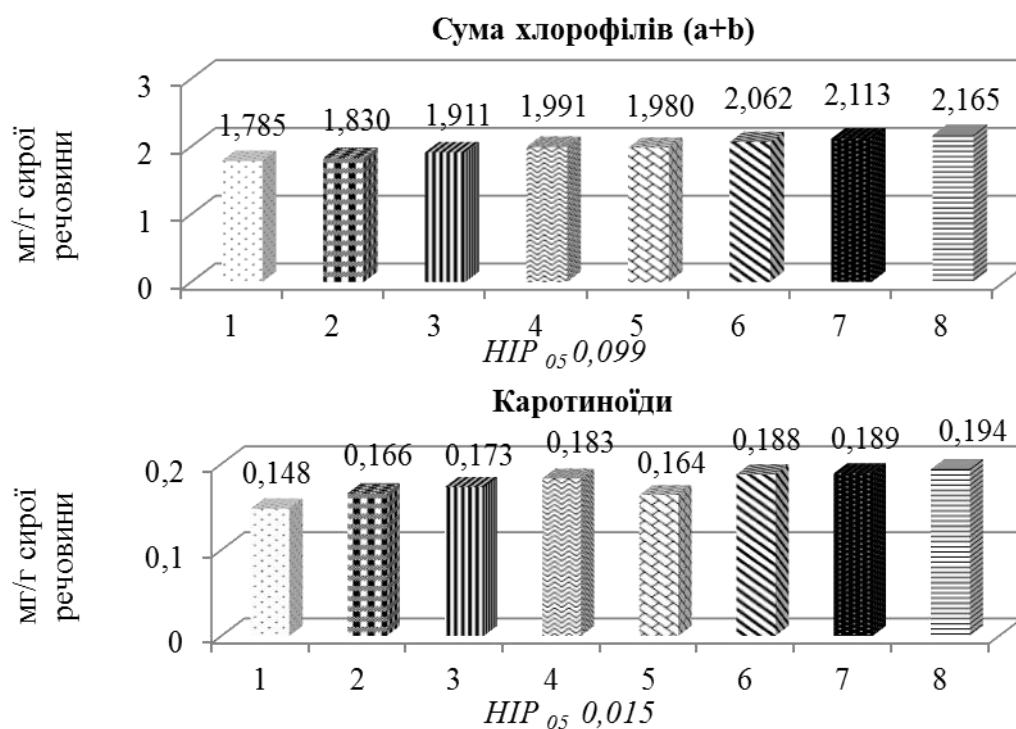


Рис. 2. Вміст пігментів у листках сочевиці (мг/г сирі речовини) за використання МБП і РРР (фаза цвітіння, 2014 р.)

1. Без застосування препаратів (контроль); 2. РРР Регоплант (250 мл/т – обробка насіння) Фон I; 3. МБП *Rhizobium leguminosarum* biovar *viceae* штам К-29 (1,0 л/т – обробка насіння) Фон II; 4. МБП *Rhizobium leguminosarum* biovar *viceae* штам К-29 + РРР Регоплант (250 мл/т – обробка насіння) Фон III; 5. РРР Регоплант (50 мл/га – обробка вегетуючих рослин); 6. Фон I + РРР Регоплант (50 мл/га); 7. Фон II + РРР Регоплант (50 мл/га); 8. Фон III + РРР Регоплант (50 мл/га).

У середньому за роки досліджень у всі досліджувані фази розвитку сочевиці спостерігалось зростання вмісту у листках пігментів: хлорофілів *a*, *b*, їх суми та каротиноїдів, що в середньому перевищувало контроль на 19–68% – для хлорофілу *a*, 24–70% – для хлорофілу *b*, 21–68% – для суми *a+b*, 23–97% – каротиноїдів.

Чиста продуктивність фотосинтезу. Встановлено, що комплексне використання РРР і МБП у посівах сочевиці позитивно вплинуло на проходження основних фізіолого-біохімічних процесів, на фоні яких активізувалось наростання листкового апарату рослин сочевиці та проходження в них фотосинтетичних процесів. У середньому за роки досліджень найвищі показники ЧПФ формувалися у міжфазний період «цвітіння–утворення бобів» у варіанті за передпосівної обробки насіння сумішшю мікробного препарату *Rhizobium leguminosarum* biovar *viceae* штам К-29 з регулятором росту рослин Регоплант за наступного посходового внесення РРР Регоплант, що перевищувало контрольний показник на 16%.

Урожайність і якість зерна сочевиці за використання в посівах мікробного препарату і регулятора росту рослин. Встановлено, що

урожайність сочевиці формувалась залежно від погодних умов та комбінування досліджуваних препаратів: найвищою вона була у варіантах досліду у 2014 р., дещо нижчою – у 2018 і 2019 рр. Так, у 2014 році за передпосівної обробки насіння регулятором росту рослин Регоплант урожайність перевищувала контроль на 6%, мікробним препаратом – 16%, їх сумішшю – 23%. Обприскування посівів Регоплантом забезпечило перевищення контролю за урожайністю на 4%. У варіанті внесення регулятора росту рослин по фону II урожайність сочевиці перевищувала варіант без обробки препаратами на 19%, по Фоні III – 32%.

У середньому за роки досліджень найвища урожайність сочевиці формувалась у варіанті досліду із внесенням Регопланту по фоні обробки сумішшю мікробного препарату і регулятора росту рослин, де перевищення до контролю складало 0,44 т/га (рис. 3).

Дана композиція препаратів забезпечила зростання якісних показників зерна сочевиці: збільшення на 6% показника маси 1000 зерен, 4% – натурі і 1,4% – вмісту в зерні білка.

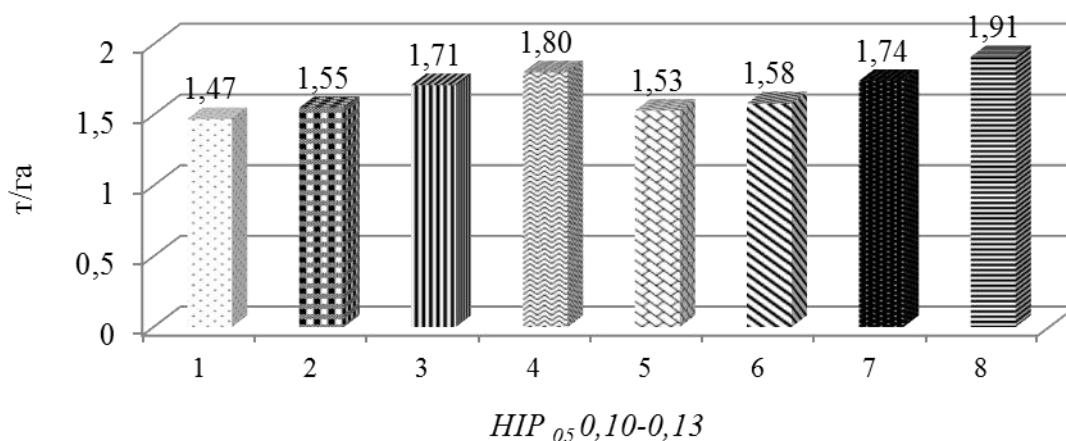


Рис. 3. Урожайність зерна сочевиці за використання МБП *Rhizobium leguminosarum* biovar *viciae* штам К-29 та РРР Регоплант (середнє за три роки)

1. Без застосування препаратів (контроль); 2. РРР Регоплант (250 мл/т – обробка насіння) Фон I; 3. МБП *Rhizobium leguminosarum* biovar *viciae* штам К-29 (1,0 л/т – обробка насіння) Фон II; 4. МБП *Rhizobium leguminosarum* biovar *viciae* штам К-29 + РРР Регоплант (250 мл/т – обробка насіння) Фон III; 5. РРР Регоплант (50 мл/га – обробка вегетуючих рослин); 6. Фон I + РРР Регоплант (50 мл/га); 7. Фон II + РРР Регоплант (50 мл/га); 8. Фон III + РРР Регоплант (50 мл/га).

Економічна та біоенергетична ефективність вирощування сочевиці за дії мікробного препарату і регулятора росту рослин. Результати проведеної економічної оцінки використання препаратів у посівах сочевиці показали, що найбільш економічно вигідним було застосування в посівах сочевиці композиції МБП *Rhizobium leguminosarum* biovar *viciae* штам К-29

1,0 л/т + РРР Регоплант 250 мл/т + Регоплант 50 мл/га, яка забезпечила зростання рівня рентабельності до 206% при 165% у контролі за додаткового чистого прибутку 3513 грн./га та коефіцієнта енергетичної ефективності 3,1.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі наведено обґрунтування і нове вирішення наукового завдання з комплексної дії мікробного препарату і регулятора росту рослин на функціонування азотфіксуючого симбіотичного апарату *Rhizobium leguminosarum* biovar *viceae* – *Lens culinaris* Medik., проходження мікробних процесів у ґрунті і фізіолого-біохімічних та продукційних – у рослинах сочевиці.

1. Встановлено, що застосування суміші мікробного препарату (*Rhizobium leguminosarum* biovar *viceae* К-29 1,0 л/т) із регулятором росту рослин Регоплант (250 мл/т) для обробки насіння з наступним післясходовим внесенням регулятора росту рослин Регоплант (50 мл/га) забезпечує підвищення ефективності функціонування симбіотичної системи *Rhizobium leguminosarum* biovar *viceae* – *Lens culinaris* Medik., що супроводжується збільшенням кількості і маси активних бульбочок на коренях сочевиці, починаючи від фази бутонізації до фази наливу бобів у середньому в 2,3 і 4,4 рази відповідно.

2. З'ясовано, що комплексне застосування мікробного препарату і регулятора росту рослин позитивно вплинуло на функціонування симбіотичного апарату сочевиці, що супроводжувалось зростанням чисельності в бульбочках азотфіксуючих бактерій *Rhizobium leguminosarum* biovar *viceae*, зокрема за обробки перед сівбою насіння сумішшю мікробного препарату (1,0 л/т) із регулятором росту рослин (250 мл/т) та наступного обприскування по даному фону посівів регулятором росту рослин в нормі 50 мл/га чисельність азотфіксуючих бактерій у бульбочках сочевиці за фазами розвитку бутонізація–цвітіння у середньому за роки досліджень зростала на 20–64%. За даної композиції препаратів вміст леггемоглобіну в бульбочках у фазі цвітіння сочевиці зростав у 3,9 рази (коефіцієнт кореляції між чисельністю азотфіксуючих бактерій у бульбочках і вмісту у них леггемоглобіну засвідчив середній прямий зв'язок $r = 0,38$).

3. Виділено, досліджено та запропоновано до використання новий штам бульбочкових бактерій *Rhizobium leguminosarum* biovar *viceae* ІМВ В-7837, який в порівнянні з штамми 724 і К-29 забезпечує в середньому у 1,2–1,9 рази формування більшої кількості азотфіксуючих бульбочок на коренях сочевиці, сприяє більш інтенсивному стимулюванню ростових, фізіолого-біохімічних процесів у рослинах сочевиці, що в цілому на 0,36 т/га підвищує її урожайність.

4. З'ясовано, що за оптимального функціонування симбіотичної системи *Rhizobium leguminosarum* biovar *viceae* – *Lens culinaris* Medik., яке простежувалось за сумісної обробки насіння сочевиці перед сівбою мікробним препаратом *Rhizobium leguminosarum* biovar *viceae* штам К-29 1,0 л/т з регулятором росту рослин Регоплант 250 мл/т з наступним посходовим

внесенням Регопланту в нормі 50 мл/га, в ґрунті активізується розвиток асоціативних азотфіксувальних мікроорганізмів родів *Azotobacter* (на 11%) та *Clostridium* (157%); загальної чисельності бактерій (59%), мікроміцетів (57%), актиноміцетів (40%); целюлозолітичних (39%), амоніфікувальних (63%) та нітрифікувальних бактерій (42%), що сприяє зростанню ферментативної активності ґрунту: каталази в середньому на 53%, інвертази – 30% та протеази – 77% за коефіцієнта кореляції між узагальненими показниками чисельності мікробіоти і ферментативної активності ґрунту $r = 0,67$.

5. Досліджено, що оптимізація функціонування симбіотичної системи *Rhizobium leguminosarum* biovar *viceae* – *Lens culinaris* Medik. за одночасної активізації життєдіяльності мікробних угруповань сприяє інтенсифікації проходження в рослинах сочевиці ростових та фізіолого-біохімічних процесів. Водночас найбільшу висоту та площу листкового апарату рослини сочевиці формували у варіанті досліду із внесенням регулятора росту рослин Регоплант 50 мл/га по фоні передпосівної обробки насіння сумішшю мікробного препарату *Rhizobium leguminosarum* biovar *viceae* К-29 (1,0 л/т) із регулятором росту рослин Регоплант (250 мл/т), де перевищення до контролю в середньому у фазі цвітіння складало 14 і 23%, при цьому вміст пігментів у листках перевищував контроль на 19–26% – для хлорофілу *a*, 24–28% – *b*, 21–26% – *a+b*, 23–31% – для каротиноїдів; чиста продуктивність фотосинтезу посівів у середньому зростала на 14–16%.

6. Найвища врожайність сочевиці формувалась за внесення Регопланту (50 мл/га) на фоні обробки насіння сумішшю мікробного препарату *Rhizobium leguminosarum* biovar *viceae* К-29 (1,0 л/т) із регулятором росту рослин Регоплант (250 мл/т), де за даного поєднання препаратів урожайність перевищувала контроль в середньому на 0,44 т/га, при цьому маса 1000 зерен зростала на 6 %, натура – 4%, вміст у зерні білка – 1,4%.

7. Найбільш економічно виправданим виявилось використання для передпосівної обробки насіння суміші мікробного препарату *Rhizobium leguminosarum* biovar *viceae* К-29 (1,0 л/т) із регулятором росту рослин Регоплант (250 мл/т) за наступного посходового внесення Регопланту 50 мл/га, де умовно чистий прибуток становив 12208 грн./га за рентабельності – 206% і коефіцієнта енергетичної ефективності – 3,1%.

ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

Для підвищення врожайності і якості зерна сочевиці та з метою біологізації технології її вирощування, що передбачає оптимізацію функціонування симбіотичної системи *Rhizobium leguminosarum* biovar *viceae* – *Lens culinaris* Medik. та активізацію проходження основних біологічних процесів у рослинах і ґрунті, в умовах Правобережного Лісостепу України в посівах культури слід застосовувати для передпосівної обробки насіння суміш мікробного препарату на основі бактерій *Rhizobium leguminosarum* biovar *viceae* (штам К-29 – 1,0 л/т) у поєднанні з регулятором росту рослин Регоплант (250 мл/т) з наступним внесенням у посівах останнього в нормі 50 мл/га.

Біотехнологічній галузі пропонується до використання новий штам

азотфіксувальних бактерій *Rhizobium leguminosarum* biovar *viceae* IMB B-7837, який за продуктивністю перевищує штам К-29, та може слугувати основою для створення нових препаративних форм мікробних препаратів для застосування у посівах сочевиці.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

СТАТТІ У ФАХОВИХ ВИДАННЯХ

1. Карпенко В. П., Притуляк Р. М., **Новікова Т. П.** Активність мікробіоти в ризосфері сочевиці за дії біологічних препаратів. Таврійський науковий вісник. Херсон. 2018. Вип. 103. С. 56–62. (Виконання експерименту, написання статті).
2. Карпенко В. П., **Новікова Т. П.**, Притуляк Р. М. Формування симбіотичного апарату сочевиці за дії біологічних препаратів. Вісник УНУС. Умань. 2018. №2. С. 39–44. (Планування та проведення експерименту, аналіз результатів, підготовка до друку).
3. Карпенко В. П., **Новікова Т. П.**, Притуляк Р. М., Гнатюк М. Г. Вміст пігментів у листках сочевиці за дії біологічних препаратів. Наукові горизонти. Scientific Horizons. Житомир. 2019. № 7 (80). С. 41–47. (Виконання досліджень, аналіз результатів експериментів і даних літературних джерел, написання статті).
4. Карпенко В. П., **Новікова Т. П.**, Притуляк Р. М. Чисельність окремих еколого-трофічних груп мікроорганізмів у ризосфері сочевиці за дії біологічних препаратів. Agrology. Дніпро. 2019. № 2 (3). С. 146–150. (Аналіз результатів експериментів, написання статті).
5. **Новікова Т. П.** Фотосинтетична продуктивність посівів сочевиці за дії біологічних препаратів. Наукові горизонти. Scientific Horizons. Житомир. 2019. № 10 (83). С. 28–34. (Планування та проведення експерименту, аналіз результатів, підготовка до друку).

ПАТЕНТ

6. **Новікова Т. П.**, Карпенко В. П., Коць С. Я., Воробей Н. А., Калініченко А. В., Петриченко В. Ф., Гнатюк Т. Т., Житкевич Н. В, Патица В. П. Патент на корисну модель №142382 «Штам *Rhizobium leguminosarum* biovar *viceae* IMB B-7837 як основа бактеріального добрива для підвищення урожаю та якості зерна сочевиці». Заявл. 25.02.2019; Опубл. 10.06.2020. Бюл. № 11. 3 с.

ІНШІ ПУБЛІКАЦІЇ

7. Карпенко В. П., **Новікова Т. П.** Перспективи використання біологічних препаратів у посівах сочевиці: Тернопільські біологічні читання – Тернопілі Bioscience – 2018: Матеріали Всеукраїнської наук.-практ. конф., присвяченої 20-річчю заснування Голицького біостаніонару Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка (м. Тернопіль, 19–21

квітня 2018 р.). Тернопіль. 2018. С. 98–100.

8. Карпенко В. П., **Новікова Т. П.** Ферментативна активність ґрунту в посівах сочевиці за дії препаратів біологічного походження. Матеріали XIII наукової конференції молодих вчених «Мікробіологія в сучасному сільськогосподарському виробництві», присвяченої 100-річчю з дня заснування Національної академії аграрних наук України. Чернігів. 2018. С. 84–85.

9. **Новікова Т. П.** Мікробіологічна активність ґрунту в посівах сочевиці за дії препаратів біологічного походження. Матеріали Всеукраїнської конференції молодих учених (м. Умань, 15–16 травня 2018 р.). Умань. 2018. С. 39–40.

10. **Новікова Т. П.**, Карпенко В. П. Формування симбіотичного апарату сочевиці за дії біологічних препаратів. Матеріали XV Міжнародній наукової конференції «Молодь і поступ біології», присвяченої 135-й річниці від дня народження Якуба Парнаса. Львів. 2019. С. 122–123.

11. Карпенко В. П., **Новікова Т. П.** Вміст хлорофілів у листках сочевиці за дії біологічних препаратів. Матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції «Перспективні шляхи розвитку наукових знань». Київ. 2019. С. 52–53.

12. Карпенко В. П., **Новікова Т. П.** Урожайність сочевиці за дії біологічних препаратів. Матеріали Всеукраїнської наукової інтернет-конференції «Сучасні проблеми біології». Умань. 2020. С. 19–20.

АНОТАЦІЯ

Новікова Т. П. Обґрунтування симбіозу *Rhizobium leguminosarum* biovar *viciae* – *Lens culinaris* Medik. за дії біологічних препаратів. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата сільськогосподарських наук за спеціальністю 03.00.07 – мікробіологія. – Уманський національний університет садівництва. Умань. 2020.

Дисертація присвячена всебічному дослідженню дії мікробного препарату на основі бактерій *Rhizobium leguminosarum* biovar *viciae* штам К-29 і регулятора росту рослин природного походження Регоплант на функціонування азотфіксувального симбіотичного апарату *Rhizobium leguminosarum* biovar *viciae* – *Lens culinaris* Medik., формування ризосферного мікробного комплексу та на перебіг основних фізіолого-біохімічних і продукційних процесів у рослинах сочевиці.

У роботі встановлено та обґрунтовано розв’язання завдання підвищення ефективності функціонування симбіотичної системи *Rhizobium leguminosarum* biovar *viciae* – *Lens culinaris* Medik. на фоні застосування біологічних препаратів, що забезпечило розробку рекомендацій виробництву з елементами біологізованої технології вирощування культури, наслідком чого є розширення джерел забезпечення населення України високоякісним харчовим білком, що в нинішніх умовах є вкрай актуальним. Досліджено ефективність функціонування симбіотичної системи *Rhizobium leguminosarum* biovar *viciae* – *Lens culinaris* Medik. залежно від застосування МБП *Rhizobium leguminosarum* biovar *viciae* штам К-29 і регулятора росту рослин Регоплант.

Виділено високоефективний штам бульбочкових бактерій з кореневої

системи сочевиці, досліджено його культурально-морфологічні особливості, вплив на ростові і продукційні процеси культури.

На підставі отриманих результатів виконано економічне й енергетичне обґрунтування застосування біологічних препаратів у технології вирощування сочевиці, на цій основі розроблено та впроваджено у технологію вирощування даної культури науково обґрунтовані біологічні заходи, що слугують основою біологізації виробництва її зерна.

Ключові слова: симбіотична система *Rhizobium leguminosarum* biovar *viciae* – *Lens culinaris* Medik., мікробний препарат, регулятор росту рослин, ризосферна мікробіота, сочевиця.

АННОТАЦІЯ

Новикова Т. П. Обоснование симбиоза *Rhizobium leguminosarum* biovar *viciae* – *Lens culinaris* Medik. при использовании биологических препаратов. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук по специальности 03.00.07 – микробиология. – Уманский национальный университет садоводства. Умань. 2020.

Диссертация посвящена всестороннему исследованию действия микробного препарата на основе бактерий *Rhizobium leguminosarum* biovar *viciae* штамм К-29 и регулятора роста растений природного происхождения Регоплант на функционирование азотфиксирующего симбиотического аппарата *Rhizobium leguminosarum* biovar *viciae* – *Lens culinaris* Medik., формирование ризосферного микробного комплекса и на ход основных физиолого-биохимических и продукционных процессов в растениях чечевицы.

В работе установлено и обосновано решение вопроса повышения эффективности функционирования симбиотической системы *Rhizobium leguminosarum* biovar *viciae* – *Lens culinaris* Medik. на фоне применения биологических препаратов, что обеспечило разработку рекомендаций производству с элементами биологизированной технологии выращивания культуры, следствием чего стало расширение источников обеспечения населения Украины высококачественным пищевым белком, что в нынешних условиях есть крайне актуальным. Исследована эффективность функционирования симбиотической системы *Rhizobium leguminosarum* biovar *viciae* – *Lens culinaris* Medik. в зависимости от применения МБП *Rhizobium leguminosarum* biovar *viciae* штамм К-29 и регулятора роста растений Регоплант.

Выделен высокоэффективный штамм клубеньковых бактерий из корневой системы чечевицы, исследовано его культурально-морфологические особенности, влияние на ростовые и продукционные процессы культуры.

На основании полученных результатов выполнено экономическое и энергетическое обоснование применения биологических препаратов в технологии выращивания чечевицы, на этой основе разработано и внедрено в технологию выращивания чечевицы научно обоснованные биологические методы, которые служат основой биологизации производства ее зерна.

Ключевые слова: симбиотическая система *Rhizobium leguminosarum* biovar *viceae* – *Lens culinaris* Medik., микробный препарат, регулятор роста растений, ризосферная микробиота, чечевицы.

ABSTRACT

Novikova T. P. Rationale for the symbiosis of *Rhizobium leguminosarum* biovar *viceae* – *Lens culinaris* Medik. under the action of biological preparations. – Manuscript.

The thesis for Candidate of Agricultural Sciences in specialty 03.00.07 – Microbiology. – Uman National University of Horticulture. Uman. 2020.

The thesis is devoted to a comprehensive study of the action of a microbial preparation based on the bacteria *Rhizobium leguminosarum* biovar *viceae* strain K-29 and a plant growth regulator of natural origin Regoplant on functioning of the nitrogen-fixing symbiotic apparatus *Rhizobium leguminosarum* biovar *viceae* – *Lens culinaris* Medik., formation of the rhizosphere microbial complex and the course of the main physiological-biochemical and production processes in lentil plants.

The paper establishes and substantiates the solution of the problem of increasing the efficiency of the symbiotic system *Rhizobium leguminosarum* biovar *viceae* – *Lens culinaris* Medik. against the background of the use of biological preparations will provide the development of recommendations for production with the elements of biologized technology of cultivation, resulting in the expansion of sources of providing the population of Ukraine with high quality food protein, which is extremely relevant in today's conditions. The efficiency of functioning of the symbiotic system *Rhizobium leguminosarum* biovar *viceae* – *Lens culinaris* Medik. depending on the application of MBP *Rhizobium leguminosarum* biovar *viceae* strain K-29 and plant growth regulator Regoplant has been studied.

Highly effective strains of nodule bacteria from the root system of lentils have been identified, their cultural and morphological features, influence on growth and production processes of the culture have been studied.

The effect of microbial preparation and plant growth regulator on the formation and functioning of microbial groups of lentil rhizosphere and the activity of basic soil enzymes in lentil rhizosphere against the background of the application of the studied preparations and functioning of symbiotic nitrogen-fixing system *Rhizobium leguminosarum* biovar *viceae* – *Lens culinaris* Medik. has been studied.

Peculiarities of the formation of biometric indicators of lentil plants (height, aboveground mass, leaf area) and passing of basic physiological and biochemical processes in plants (formation of pigment complex, photosynthetic activity) depending on realization of potential of microbial-plant interaction against the background of biological preparations have been defined established. The effect of the studied biological preparations on the formation of lentil crop productivity and yield quality has been studied.

On the basis of the obtained research results the economic and energy substantiation of application of biological preparations in technology of cultivation of lentils has been developed, on this basis scientifically substantiated biological measures which serve as a basis of biologization of production of its grain have been

developed and introduced in the technology of cultivation of lentils.

It has been established that in order to increase the yield and quality of lentil grain and in order to biologize the technology of its cultivation, which involves optimizing the functioning of the symbiotic system *Rhizobium leguminosarum* biovar *viceae* – *Lens culinaris* Medik. and activation of the main biological processes in plants and soil, in the conditions of the Right Bank Forest-Steppe of Ukraine, a mixture of microbial preparation based on bacteria *Rhizobium leguminosarum* biovar *viceae* (strain K-29 – 1,0 l/t) in combination with plant growth regulator Regoplant (250 ml/t) should be used for pre-sowing seed treatment followed by introduction into the budding phase in crops of the latter at a rate of 50 ml/ha.

Biotechnology industry is suggested to use a new strain of bacteria *Rhizobium leguminosarum* biovar *viceae* IMB B-7837, which exceeds the productivity of strain K-29 and can serve as a basis for the creation of new formulations of microbial preparations for the application in lentil crops.

Key words: symbiotic system *Rhizobium leguminosarum* biovar *viceae* – *Lens culinaris* Medik., microbial preparation, plant growth regulator, rhizosphere microbiota, lentils.