

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет агротехнологій та природокористування
Кафедра біотехнології та хімії

До захисту допускається

Завідувач кафедри

Владислав КОВАЛЕНКО

" ____ " _____ р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти

на тему: «**Ефективність використання мікробних препаратів**»

Виконав (-ла):

Роман ШЕСТАК

Ім'я ПРІЗВИЩЕ

Група:

БІО 2101

Науковий керівник

Володимир ДУБОВИК

Ім'я ПРІЗВИЩЕ

Рецензент

Еліна ЗАХАРЧЕНКО

Ім'я ПРІЗВИЩЕ

СУМИ -2025

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет агротехнологій та природокористування

Кафедра біотехнології та хімії

Ступень вищої освіти – бакалавр

Спеціальність – 162 «біотехнології та біоінженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Завідувач кафедри

Владислав КОВАЛЕНКО

« ____ » _____ 202_ р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ
Шестаку Роману Григоровичу

Тема роботи: **Ефективність використання мікробних препаратів**

1. Керівник бакалаврської роботи **Дубовик Володимир Іванович, к. с.-г. н., доцент**
2. Строк подання здобувачем закінченої роботи _____
3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи – _____

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які необхідно опрацювати) _____

5. Перелік графічного матеріалу (з точною вказівкою обов'язкових креслень) _____

Керівник кваліфікаційної роботи _____ / Володимир ДУБОВИК _____
підпис *Ім'я, ПРІЗВИЩЕ*

Завдання прийняв до виконання _____ / Роман ШЕСТАК _____
підпис *Ім'я, ПРІЗВИЩЕ*

Дата отримання завдання « ____ » _____ 20__ р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назви етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітки
1.	Вибір теми і об'єкта досліджень	5-й семестр	
2.	Розробка завдання до кваліфікаційної роботи; складання календарного плану; формування змісту розрахунково-пояснювальної записки (формування переліку питань, які необхідно опрацювати в роботі). Підбір методик для проведення досліджень	5-й семестр	
3.	Виконання кваліфікаційної роботи	8-й семестр	
3.1.	Підбір та аналіз літературних джерел з теми кваліфікаційної роботи	5-й семестр	
3.2.	Збір вихідних даних (проведення польових досліджень) для написання експериментальної частини кваліфікаційної роботи	6-й семестр	
3.3.	Підготовка загального варіанту кваліфікаційної роботи (розділ 1-3, висновки)	7-й семестр	
3.4.	Апробація результатів дослідження	За 40 днів до дати захисту	
4.	Перевірка роботи науковим керівником і допуск до попереднього захисту	За 35 днів до дати захисту	
5.	Перевірка кваліфікаційної роботи на унікальність	За 30 днів до захисту	
6.	Рецензування	За 15 днів до захисту	
7.	Попередній захист кваліфікаційної роботи	За 10 днів до захисту	
8.	Прилюдний захист кваліфікаційної роботи перед екзаменаційною комісією	Відповідно наказу ректора	

Керівник кваліфікаційної роботи _____ / Володимир ДУБОВИК

підпис

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Здобувач _____ / Роман ШЕСТАК

підпис

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

АНОТАЦІЯ
Шестак Роман Григорович
ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ МІКРОБНИХ ПРЕПАРАТІВ
162 Біотехнології та біоінженерія
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Суми – 2025

Дослідження мікробних препаратів, створених на базі ґрунтових бактерій, охоплює аналіз їх зв'язку з сільським господарством, екосистемою і забезпеченням сталого виробництва. Слід мати на увазі, результативність залежить від умов та видів бактерій у конкретній місцевості.

Використання біологічних препаратів ґрунтових бактерій сприяє поліпшенню ґрунтової родючості та структури верхнього шару, вони збільшують кількість доступних елементів живлення. Біологічні препарати оптимізують використання корисних речовин з ґрунту, зменшуючи залежність від мінеральних добрив та шкоди для довкілля.

Ґрунтові бактерії здатні проявляти антагоністичну активність щодо небажаних мікроорганізмів, це допомагає контролю над шкідниками та захворюваннями рослин. Крім того, вони стимулюють ростові процеси рослин внаслідок збагачення азотного живлення та створенню рістстимулюючих речовин, це позитивно позначається на підвищенні врожайності. Окремі біологічні препарати роблять рослини більш стійкими до стресових ситуацій, особливо до посухи та забруднення навколишнього середовища.

Застосовуючи мікробні препаратів ми можемо зберегти біорізноманіття навколишнього середовища та оздоровити екосистеми.

Сільськогосподарські підприємства можуть отримати економічні вигоди від застосування біопрепаратів та зменшити використання хімічних пестицидів і добрив.

Ключові слова: біологічне землеробство, мікробні препарати, бактерії, мікроміцети, азотобактер.

ABSTRACT

Shestak Roman Grigorovich

EFFICIENCY OF MICROBIAL PREPARATIONS USE

162 Biotechnology and bioengineering

SUMY NATIONAL AGRARIAN UNIVERSITY

Sumy – 2025

Research on microbial products based on soil bacteria includes the analysis of their relationship with agriculture, the ecosystem and sustainable production. It should be borne in mind that the effectiveness depends on the conditions and species of bacteria in a particular area.

The use of biological soil bacteria products helps to improve soil fertility and topsoil structure, and increases the amount of available nutrients. Biological products optimise the use of nutrients from the soil, reducing dependence on mineral fertilisers and environmental damage.

Soil bacteria can be antagonistic to undesirable microorganisms, which helps control pests and plant diseases. In addition, they stimulate plant growth processes by enriching nitrogen nutrition and creating growth-stimulating substances, which has a positive effect on increasing yields. Some biological products make plants more resistant to stressful situations, especially drought and environmental pollution.

By using microbial preparations, we can preserve environmental biodiversity and improve ecosystems.

Agricultural enterprises can benefit economically from the use of biological products and reduce the use of chemical pesticides and fertilisers.

Keywords: biological farming, microbial preparations, bacteria, micromycetes, azotobacter

ЗМІСТ

ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1. ВИКОРИСТАННЯ ГРУНТОВОЇ БІОТИ – ШЛЯХ ДО СТАБІЛІЗАЦІЇ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА (Огляд літератури)	8
1.1. Грунтова мікробіота та її значення	8
1.2. Місце біопрепаратів в технології вирощування культур	12
РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ДОСЛІДЖЕННЯ	20
2.1. Властивості біопрепаратів	20
2.2. Характеристика біопрепарату	22
2.3. Технологічний процес та його етапи	22
РОЗДІЛ 3. ЕФЕКТИВНІСТЬ БІОПРЕПАРАТІВ ПРИ ВИРОЩУВАННІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР	26
3.1. Ефективність ґрунтових біопрепаратів	26
3.2. Ефективність біопрепаратів	31
ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ	34
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	35
ДОДАТКИ	41

ВСТУП

Актуальність роботи міститься у дослідженні сучасних мікробних препаратів у розвитку біологічного й екологічного землеробства, а також з метою рекультивації забруднених територій і земель, які зазнали техногенного впливу, для подальшого сільськогосподарського використання. Родючість ґрунту визначається комплексом біотичних та антибіотичних факторів, серед них значний вплив має діяльність ґрунтових мікроорганізмів. Завдяки ним відбувається біологічний обмін речовин у природі, очищення ґрунту від забруднення та інше. Використання препаратів мікробіологічного походження збільшує чисельність корисних мікроорганізмів, це дає можливість конкурувати з місцевою мікрофлорою та швидше зайняти екологічну нішу поблизу коренів рослин, покращуючи живлення самих рослин.

Ґрунтові бактерії мають взаємовідносини із корінням рослини, збільшують доступність елементів живлення для рослин. Така взаємодія сприяє покращенню родючості ґрунту і може позитивно впливати на врожайність. Окремі види бактеріальних мікроорганізмів здатні фіксувати азот із повітря і переводить його з газоподібного стану в мінеральну, яку з легкістю споживають рослини, що дозволяє зменшити залежність від азотних добрив, сприяючи економічній вигоді та екологічній стабільності. Крім того, активність таких бактерій може знизити потребу в хімічних пестицидах, пропонуючи екологічно безпечний підхід до захисту сільськогосподарських культур.

Використання мікробіологічних препаратів забезпечує збереження та підтримання ґрунтового біорізноманіття, що, у свою чергу, підвищує стійкість екосистем і поліпшує екосистемні послуги. Завдяки діяльності ґрунтових бактерій можна ефективніше використовувати поживні речовини, що дозволяє знизити вимогу рослин до додаткових елементів живлення та зменшити їхній негативний вплив на навколишнє середовище.

Створення мікробних препаратів з ґрунтових бактерій здатне забезпечити створення стабільних, екологічних та врожайних сільськогосподарських

систем.

Метою нашого дослідження було вивчення біологічних особливостей ґрунтових бактерій і розробка на їхній базі біологічних препаратів для використання у рослинництві.

Щоб досягти нашої мети необхідно виконати наступні завдання:

1. Розробити та створити ефективні біологічні препаратів з багатогранним позитивним впливом.

2. Виокремити та дослідити штами, які є перспективними біотехнологічними продуцентами.

3. Створити біотехнологічні процеси для синтезу біологічних препаратів.

4. Випробувати та забезпечити впровадження створених біопрепаратів у вирощуванні зернових, технічних і овочевих культур.

Об'єктом дослідження є стратегія розробки екологічно безпечних та ефективних біопрепаратів.

Предметом дослідження виступає процес розробки біотехнологій для отримання таких біологічних препаратів.

При виконанні завдань використовувались наступні методи: мікробіологічні, біотехнологічні та статистичні.

В роботі проаналізовано технології і підходи, спрямовані на підвищення ефективності, економічності та екологічної стійкості при розробці екологічно безпечних та високоефективних біопрепаратів. Детально розглянуто методи випробувань і впровадження у виробництво біологічних препаратів, вивчено штами ґрунтових бактерій, які є перспективними біопродуцентами.

Практичне значення. Проведено оцінювання ключових технологій та підходів, що сприяють підвищенню ефективності, економічності й екологічної стійкості процесів створення безпечних та результативних біопрепаратів.

У роботі розглянуто тестування біопрепаратів і проаналізовано їх використання для зернових, технічних і овочевих культур. Структурно та за обсягом кваліфікаційна робота включає вступ, три розділи, 12 рисунків, 12 таблиць, чотири висновки, список із 44 джерел і додатки.

РОЗДІЛ 1

ВИКОРИСТАННЯ ГРУНТОВОЇ БІОТИ – ШЛЯХ ДО СТАБІЛІЗАЦІЇ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА (Огляд літератури)

1.1. Грунтова мікробіота та її значення

Біотехнологія є однією з найбільш динамічних галузей, яка активно розвивається як у сфері біологічних досліджень, так і в аграрній сфері. Сьогодні однією з найважливіших задач цієї сфери є розробка мікробних ґрунтових препаратів, спрямованих на покращення якості ґрунтів та стабілізації валової продукції сільськогосподарських рослин.

За визначенням, ґрунт є складним біологічним середовищем, яке при раціональному використанні може значно збільшити кількість отриманої продукції та покращити якісні показники зернових, кормів і технічної сировини без зайвих витрат. Він містить не лише органічні залишки рослинного й тваринного походження, але й різноманітних організмів мікроскопічного (мікро-), середнього (мезо-) і більшого (макро-) розмірів. Вони істотно впливають на життєдіяльність рослин, тому варто детально розглянути їхню роль.

Мікроорганізми, що існують у ґрунті – мікроскопічні та субмікроскопічні організми, що адаптувалися до існування в ґрунтовому середовищі. До цієї групи відносяться актиноміцети, бактерії, одноклітинні водорості, мікроскопічні гриби, також деякі найпростіші [2].

Ґрунтові бактерії виконують ключові функції, що впливають на водний баланс, кругообіг поживних речовин і пригнічення шкідливих мікроорганізмів. Основна їх концентрація зосереджена в ризосфері – зоні навколо коренів та у самій кореневій системі. Вважається, що рослини виробляють специфічні кореневі виділення, які стимулюють ріст корисних бактерій. Ці мікроорганізми змінюють властивості ґрунту таким чином, щоб він ставав сприятливішим для одних культур і менш придатним для інших.

Перед тим як на новій території почнуть рости рослини, важливо, щоб

першими її заселили фотосинтетичні бактерії. Вони здатні фіксувати атмосферний азот і вуглець, синтезувати органічні сполуки, а також накопичувати необхідні для кругообігу азоту й інших елементів поживні речовини. Лише після цього утворюються умови для проростання перших видів рослин. У процесі формування рослинного угруповання до ґрунту надходять різноманітні органічні речовини, що впливають на доступність поживних елементів для бактерій. Модифікована бактеріальна спільнота у свою чергу змінює структуру ґрунту та середовище, сприяючи подальшому розвитку рослин.

Деякі науковці припускають, що контроль за спільнотами ґрунтових бактерій може стати способом регулювання видового складу рослин на конкретній ділянці.

Мікроорганізми, зокрема мікроміцети, вирізняються інтенсивним ростом, активним спороутворенням та розвинутими ферментативними системами. Ці властивості дозволяють використовувати їх як основу активних компонентів у складі комплексних добрив, до того ж вони демонструють високу стійкість до техногенного забруднення.

Висока мікробна активність, здатність формувати вторинні метаболіти та участь у біогеохімічних циклах роблять мікробні препарати незамінними елементами екологічно безпечного землеробства, сприятливого для здоров'я людини.

Ризосферні та ендofітні бактерії відіграють ключову роль у рослинному мікробіомі, виконуючи широкий спектр фізіологічних і біологічних функцій, що позитивно впливають на ріст і стан рослин.

Фізіологічні функції ризосферних і ендofітних бактерій включають кілька важливих механізмів, які сприяють здоров'ю та росту рослин.

Фіксація азоту. Деякі бактерії ризосфери, наприклад, ризобії та азоспірили, здатні фіксувати атмосферний азот, забезпечуючи рослини доступом до цього необхідного елемента живлення.

Мінеральний обмін. Ризосферні мікроорганізми сприяють засвоєнню

рослинами ключових мінералів, таких як фосфор, калій і залізо, що позитивно впливає на їхнє живлення і розвиток.

Захист від патогенів. Ці бактерії можуть синтезувати антимікробні речовини, які допомагають рослинам боротися з шкідливими мікроорганізмами.

Ендофітні бактерії, які формуються у природних умовах, мають великий діапазон корисних властивостей для рослин. Вони часто пов'язуються з першими колонізаторами деградованих ґрунтів або екосистем після екологічних потрясінь, таких як посухи, повені чи пожежі. Завдяки своїм адаптаційним можливостям ці бактерії відіграють вагомую роль у відновленні рослинного покриву і стабілізації ґрунту.

Сучасні дослідження довели, що бактерії проникають у рослини через коріння в зоні витягнення, яка є зоною активного росту. Потім бактерії мігрують через міжклітинний простір до судин ксилеми. Процес азотфіксації відбувається в мікроаеробних умовах у спеціалізованих клітинах з більш розвиненими мембранами, відомих як діазосомні структури, на відміну від неазотфіксуючих клітин. Інша група ендофітів має ширший спектр господарів і є менш специфічною до рослин. Ендофіти цієї групи можуть жити поза рослиною, утворюючи ризосферні популяції.

Найпоширенішими серед них є бактерії роду *Azospirillum*, які формують взаємодію із зерновими культурами. Представники цього роду вважаються перспективними для розробки пробіотиків, здатних підвищувати продуктивність сільськогосподарських рослин завдяки покращенню їх мінерального живлення і стимуляції росту.

Бактерії роду *Pseudomonas* також належать до однієї з найперспективніших груп для біологічного захисту рослин від шкідників. Інокуляція рослин з використанням *Pseudomonas* сприяє збільшенню врожайності. Водночас ці бактерії забезпечують стимулювання росту шляхом продукування фітогормонів і захищають рослини від інфекцій, виділяючи антибактеріальні сполуки та синтезуючи сидерофори.

В Україні у рослинницькій галузі використання біопрепаратів останнім часом стає все більш затребуваними серед агровиробників. Це зумовлено їхньою значно нижчою вартістю порівняно з агрохімікатами, екологічною безпечністю та багатостороннім позитивним впливом на рослинні культури. Використання екологічно чистих біопрепаратів сприяє підвищенню якості продукції рослинництва та стабілізації функціонування агроєкосистем.

Актиноміцети є однією з найрозповсюджених груп продуцентів біоактивних речовин у промисловості. Серед них особливе значення мають бактерицидні речовини, що знаходять застосування у ветеринарній та звичайній медицині, агросфері.

Мікроорганізми, що виробляють протигрибкові антибіотики для промисловості, класифікуються: рід – *Streptomyces*, родина – *Streptomycetaceae*, порядок – *Actinomycetales*, клас – *Actinobacteria*, царство – *Bacteria*. Багатофункціональні біологічні препарати поєднують властивості регулятора росту рослин й адаптогену, що має антагоністичну дію проти шкідливих організмів. У процесі їх застосування стимулюється розвиток корисних для сільського господарства ґрунтових мікроорганізмів, які зберігають та підвищують родючість ґрунту, а також посилює його здатність протидіяти фітопатогенам. Важливим результатом використання таких біопрепаратів на початкових етапах є поступове, а згодом повне скорочення застосування хімічних пестицидів у вирощуванні с.-г. культур, не втрачаючи врожайності й покращуючи якість отриманої продукції.

Сучасні, ефективні біологічні препарати підвищують продуктивність с.-г. рослин, зменшують собівартість та стабілізують екологічний баланс і родючість ґрунтів. Більшість із цих засобів відповідають стандартам органічного землеробства та мають сертифікацію *Organic Standard*, це забезпечує їх введення у підприємствах, які забезпечують принципи органічного виробництва. Українські господарники стабільно збільшують площі земель, де застосовуються такі біопрепарати.

Використання сучасних мікробних біотехнологій забезпечує можливість

не використовувати хімічні пестициди, усуваючи їх шкідливий вплив на агроекосистеми. Це також сприяє поліпшенню екологічної ситуації та підтримує сталий розвиток.

Фізіологічний та біологічний потенціал ґрунтової мікробіоти має провідне значення для збереження органічної чистоти ґрунту, його родючості та забезпеченні екосистемної стабільності. Дослідження цих можливостей сприяє глибшому розумінню функцій ґрунту як у природних, так і в аграрних ценозах, допомагає розробляти ефективні стратегії для підтримання ґрунтового здоров'я і забезпечення сталого виробництва харчових продуктів [10].

1.2. Місце біопрепаратів в технології вирощування культур

За даними Світового банку, сільське господарство в Україні становить 13,72% ВВП, а сільське господарство забезпечує зайнятість 15% працездатного населення, ця обставина забезпечує цьому сектору одне із ключових місць для економіки країни. Підвищення продуктивності вирощуваних сільськогосподарських культур, а також посилення їхньої стійкості до абіотичних та біотичних стресів сприятиме покращенню економічної стабільності й перспектив розвитку рослинництва.

Нині як в Україні, так і у світі спостерігається перехід до вузькоспеціалізованої моделі аграрних підприємств. Це сприяло накопиченню специфічних фітофагів, економічні втрати від діяльності яких у глобальному масштабі оцінюються у понад 100 мільярдів доларів. В умовах монокультурного вирощування та короткоротаційних сівозмін значно зросло використання пестицидів. Проте застосування таких препаратів спричиняє забруднення навколишнього середовища, розвиток стійких популяцій шкідників і патогенів.

Через посилене пестицидне навантаження, порушення агротехнічних прийомів у веденні сівозмін та інтенсивну експлуатацію орних ґрунтів суттєво змінюється структура мікробних угруповань ґрунту й фітосфери. Це призводить до зниження біорізноманіття, зменшення природної супресивності

щодо збудників хвороб, а також до втрати стабільності та функціонального потенціалу агроєкосистем в цілому.

Негативні зміни в агроєкосистемах набули глобального масштабу, що викликає серйозне занепокоєння та потребує здійснення міжнародних заходів щодо стабілізації розвитку. База цієї концепції були закладена та затверджена на самітах ООН: в Ріо-де-Жанейро у 1992 році та в Йоганнесбурзі у 2002 році. Подальше розширення концепції забезпечили в 2015 році на 70-й Генасамблеї ООН у місті Нью-Йорк, де була ухвалена нова програма, спрямована на ліквідацію бідності та досягнення сталого майбутнього. У рамках цієї програми було визначено 17 цілей для реалізації до 2030 року.

Україна зобов'язалася долучитися до виконання цих завдань глобального масштабу. Однією з найважливіших є друга ціль програми, яка передбачає усунення голоду, стабілізація продовольчої безпеки, поліпшення харчування та підтримку сталого розвитку агросфери. Досягнення мети потребує активного використання біотехнологічних розробок, які мають стабілізувати розвиток сільського господарства, першочергово у сфері рослинництва.

Світовий досвід демонструє, що біотехнології займають ключову роль у забезпеченні сталого розвитку, охоплюючи різноманітні сфери людської діяльності та захисту навколишнього середовища. Останнє десятиріччя прискорилося впровадження та вдосконалення екологічних технологій (Enviro Tech), зелених технологій (Green Tech), технологій очищення навколишнього середовища (Clean Tech), морських і водних біотехнологій (Blue biotechnology), агротехнологій (Agri Tech, Green biotechnology), медичних біотехнологій (Red biotechnology) та промислових біотехнологій (White biotechnology).

Одним із напрямків розвитку є створення інноваційних поліфункціональних біопрепаратів, що відповідають сучасним вимогам переходу від інтенсивного використання хімічних агротехнологій до екологічно безпечних біологічних рішень. Особливо значущу роль у цьому відіграють препарати на основі мікробного походження. У цьому контексті вже виконано фундаментальні дослідження та розроблено новітні біопрепарати для

рослинництва, які пропонують перспективні рішення для підвищення ефективності агротехнологій.



Рис. 1.1. Шляхи впровадження робіт зі створення нових біопрепаратів

Варто зазначити, що під час розробки нових біопрепаратів ми детально аналізуємо фізіологічні особливості мікроорганізмів, які можуть слугувати їх основою. Також здійснюються біохімічні дослідження з метою виявлення та характеристики біоактивних речовин, які утворюються цими мікроорганізмами [10-14].

Мікроорганізми здатні засвоювати атмосферний азот і одночасно синтезують комплекс біоактивних речовин впродовж багатьох років застосовуються як мікробні препарати. Вони сприяють покращенню азотного живлення рослин і чинять позитивний вплив на їхній розвиток. Під час роботи з такими мікроорганізмами вдалося значно розширити набір ознак за якими відбирають найбільш активні штами. Після вивчення азотфіксувальної активності, дослідили спектр фітогормонів, що синтезували ці організми. Установлено зв'язок між синтезом цитокінінів і ефективністю штамів.

Окрім цього, були вивчені екологічні особливості мікроорганізмів, що фіксують азот, їх здатність проявляти корисні властивості в умовах

екстремального середовища, характерного для місцевого клімату (перепади температур, недостатня вологість), а також взаємодія з фізико-хімічними показниками ґрунтів (кислотність, солоність). Вивчення також охоплювали оцінку здатності до утворення продуктивних симбіотичних систем із вітчизняними та зарубіжними сортами рослин.

Завдяки цим розробкам створені біопрепарати – Ризобін, Азотобактерин-К та Екориз. Вони формують симбіоз з рослинами різних сортів, підвищуючи їхню імунну систему та стійкість до стресових факторів.

Фосформобілізувальні бактерії мають здатність розкласти важкорозчинні форми фосфору, переводячи їх у форми доступні для живлення рослин. Також бактерії, які засвоюють нерозчинні форми фосфору, виробляють біоактивних сполук. Вони сприяють росту рослин і мають антагоністичну дію проти фітопатогенів. На основі таких характеристик було обрано *Bacillus megaterium*, вона стала основою у створенні біопрепарату ФОСФОБАКТЕРИН. Корисні властивості мікроорганізмів для рослин значно посилюються при поєднанні в одному біопрепараті кількох штамів азотфіксувальних і фосформобілізувальних бактерій із різноманітними фізіологічними характеристиками та спектром біоактивних сполук. Цей підхід реалізовано у створенні сучасних біопрепаратів, до них відноситься інокулянт ЕКОВІТАЛ (має три штами бульбочкових бактерій і один штам фосформобілізувальних бактерій), також ЕКОФОСФОРИН (містить штами *Azotobacter*, *Bacillus* і *Agrobacterium*).

У сучасних екологічних умовах виникли серйозні проблеми, спричинені інтенсивним використанням пестицидів та забрудненням ними агроценозів. Пестициди впливають на шкідливі організми, чинять негативний вплив на корисні організми, виявляють алергенну активність, можуть викликати рак, мутації, порушувати розвиток зародка. В зв'язку з цим їх трансформація і біодеградація в агроценозах є достатньо актуальною [28].

Органічні пестициди, що містять хлор, відносяться до стійких органічних забруднювачів та заборонені Стокгольмською конвенцією, мають значну

загрозу. Для боротьби з ними випускається препарат БІОРЕМ, він базується на дії організмів-деструкторів пестицидів, які містять хлор [29]. Препарат є перспективним у використанні для відновлення забруднених ґрунтів у рамках комплексних екологічних заходів.

Стрептоміцети здатні продукувати широкий лінійку біологічно активних речовин. Проводячи скринінг колекційних і нововиділених ґрунтових стрептоміцетів вдалося виділити штами, які проявляють активність у боротьбі з фітопатогенами. Встановлено, що ці штами здатні синтезувати різноманітні біологічно активні метаболіти, серед яких є антибіотики: кандидин, авермектини, родилунанцини А і Б. Також метаболіти включають амінокислоти, фітогормони, ліпіди та стероли [14, 28, 29].

Результати, отримані стосовно виробництва великої кількості біоактивних метаболітів стрептоміцетами-антагоністами, стали основою для розробки науково обґрунтованої стратегії створення сучасних біопрепаратів. Ця стратегія передбачає отримання продукту в межах одного біотехнологічного процесу, який вміщує кілька метаболітів із поліфункціональним впливом: фітозахисним, рістстимулювальним і адаптогенним (див. Рис. 1.2).

Відповідно до нашого плану, нами розроблено мікробні препарати, які мають збалансовану кількість біоактивних сполук, які значно підвищують ефективність кінцевого продукту. Було створено сучасні біопрепарати АВЕРКОМ, АВЕРКОМ НОВА, ВІОЛАР, ФІТОВІТ. В АВЕРКОМ НОВА додано хітозан – біологічну сполуку, що має еліситорні властивості, які підсилюють фітозахисну дію.

Результатом виконаної роботи стало наукове обґрунтування та експериментальне підтвердження біотехнологій для створення біологічних препаратів з різноплановим позитивним впливом на рослини. Були отримані прототипи нових біопрепаратів, визначена їх ефективність, підготовлено технічну документацію та практичні рекомендації.

Використання сучасних біопрепаратів сприяє підвищенню продуктивності рослинництва, одночасно скорочуючи затрати на виробництво

та придбання пестицидів. До того ж, вони дозволяють зберігати екологічний баланс і родючість ґрунтів, забезпечуючи високу конкурентоспроможність цих засобів. Значна частина біопрепаратів відповідає стандартам органічного землеробства та має сертифікат Organic Standard. Завдяки цьому головними споживачами таких продуктів стають господарства, що займаються органічним землеробством. Посівні площі таких господарств в Україні постійно збільшуються.



Рис. 1.2. Впровадження нової стратегії розробки сучасних біопрепаратів

Біотехнологічні продукти, створені в результаті досліджень, включають екологічно безпечні біопрепарати. Ці засоби стимулюють ріст та розвиток рослин, поліпшують азотне і фосфорне живлення, блокують фітопатогенні організми, збільшують стійкість рослин до стресів. Біопрепарати

характеризуються багатовекторною дією і демонструють високу ефективність при вирощуванні сільськогосподарських культур. Запровадження таких екологічно безпечних і дієвих препаратів є важливою частиною технології вирощування безпечних продуктів, має значний інвестиційний потенціал для України та допоможе вирішувати цілу низку економічних, соціальних і екологічних викликів.

Технологія вирощування, яка базується на екологічній безпеці, стає дедалі популярнішою у світі. Через порушення природних процесів в агрофітоценозах, деградацію родючості та спрощення ґрунтових мікробоценозів в умовах сучасного агротехногенного навантаження питання поновлення родючості ґрунту та впровадження методів її збереження набуває ключового значення. Вирішуючи цю задачу, важливо пам'ятати, що ґрунт являє собою багатофакторну відкриту екосистему, де основне місце посідають мікроорганізми. Мікробні угруповання відіграють центральну роль у забезпеченні збалансованості екосистеми ґрунту, підтриманні його родючості та продуктивності.

Одним із найактуальніших напрямів рослинництва сьогодення є застосування взаємодії між рослинами та мікроорганізмами, яка відіграє головне значення у живленні, регулювання росту, захисту від патогенних та шкідливих організмів, а також підвищення здатності рослин адаптуватися до стресових умов. Ефективність реалізації цього потенціалу належить селекційній роботі по створенню нових сортів рослин і штамів мікроорганізмів, оптимального вибору симбіотів, створення нових біопрепаратів, включаючи інокулянти, із різними екологічними стратегіями. Збільшується увага до біологічних препаратів мікробного походження, створених із використанням мікроорганізмів, отриманих із природних біоценозів, адже вони є екологічно безпечними, не забруднюють навколишнє середовище, не становлять загрози для людей і тварин.

Біопрепарати, що створені з використанням живих культур мікроорганізмів, які фіксують атмосферний азот, займають особливе місце

завдяки їх здатності здійснювати біологічну фіксацію азоту, що разом із процесом фотосинтезу забезпечує загальну продуктивність біоти.

Багаторічні дослідження науковці України призвели до створення колекції унікальних ґрунтових мікроорганізмів, що фіксують азот. Вона включає понад 300 штамів симбіотичних, вільноживучих, асоціативних та ендоефітних бактерій, здатних формувати ефективні біоасоціації (табл. 2.1). Усі ці мікроорганізми зареєстровані в Українській Колекції Мікроорганізмів (УКМ).

У ході аналітичних досліджень було визначено фітогормоний склад, який виробляють мікроорганізми, що виступають біоагентами препаратів. Встановлено діапазон концентрацій цих сполук, що дало змогу розробити композиції мікроорганізмів високої ефективності, що мають синергічний та стимулюючий вплив на рослину-господаря.

РОЗДІЛ 2

ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Властивості біопрепаратів

Досліджувані бактерії виробляють біологічно активні речовини, завдяки цьому ми розробили багатофункціональні метаболітні біорецептури з культурального рідкого екстракту біологічної маси: *S. avermitilis* IMV Ac-5015 і *S. netropsis* IMV Ac-5025.

Біологічні препарати об'єднують властивості регуляторів росту рослин та адаптогенів, забезпечуючи антагоністичний ефект проти фітопатогенних організмів. Серед відомих біорецептур можна виділити Абамектин, Аверсектін С, ФорМацин (Аверсект 2), Дорамектін, Івермектин, Івомец, Фітоверм, Універм, Еквалан, Зімектрин (США). На базі *S. avermitilis* IMV Ac-5015 створено нову біорецептуру під назвою Avercom. Особливістю цього препарату є не лише його антипаразитарна активність, а й стимулюючи ростові процеси, що відрізняє його від уже існуючих комерційних засобів.

Підвищення стійкості рослин ґрунтується на активації захисних механізмів, це дає суттєві переваги порівняно з біоцидами. Ця системна резистентність є досить тривалою. Захисні системи рослин активуються перед контактом із патогенами, такими як гриби, віруси, бактерії чи фітонематоди. Активація багатьох захисних механізмів знижує ймовірність пристосування патогенів до рослин.

Зараз активно досліджуються механізми рослин, щодо імунітету до хвороб, на рівні генів. Вже вивчили, що ендогенні малі РНК, що не кодуються, зокрема (siRNA) короткі РНК інтерферуючі і мікроРНК (miRNA), мають вагомий вплив у забезпеченні захисної реакції рослини на вторгнення патогену.

Інший механізм полягає у взаємодії si/mi РНК з молекулами мішенями матричної РНК паразитів та патогенних організмів, він призводить до їх руйнування за допомогою ферментів. si/mi РНК мають вагоме значення у формування імунітету рослини, вони приймають участь у сплайсенгу (TGS)

транскрипційних генів шляхом метилювання ДНК у локусі цільовому чи допомагаючи деградації мРНК.

На основі досліджень багатьох науковців можна дійти висновку, що біопрепарати, застосовувані в рослинництві, здатні впливати на різноманітні природні спільноти ґрунтових мікроорганізмів, стимулювати їхню біохімічну активність, сприяти синтезу біоактивних речовин, підсилювати здатність мікробіоти виробляти антибіотики проти фітопатогенів, а також підвищувати її стійкість до несприятливих умов навколишнього середовища, спричинених діяльністю людини [8].

Полеві дослідження кореневої зони рослин, які обробляли біологічними препаратами, показали підвищення від 12 до 54% біологічної активності ґрунту. Застосування Конфідор Максі знизило повітропроникність ґрунту на 42% відносно контрольного зразка.

Дослідження мікробних угруповань ґрунту в зоні коріння ріпаку виявили, що чисельність популяцій мікроорганізмів, що відповідають за основні екологічні функції (азотфіксацію, мобілізацію фосфору, амоніфікацію та деградацію крохмалю), зросла у 1,2–2,2 рази за умов застосування біологічних препаратів.

Обробка біологічними препаратами насіння рослин сприяє розвитку мікробних та рослинних організмів. Вона сприяє мікробіологічному контролю збудників хвороб у ґрунті, адже природна мікробіота виконує стабілізуючу функцію та перешкоджає поширенню патогенів [26].

Однією з важливих переваг використання пробіотиків – сприятливий вплив на ґрунтові мікроорганізми. Вони відіграють важливе значення для збереження й підвищення ґрунтової родючості [3].

Новітні біопрепарати комплексної дії позитивно проявляють себе в умовах поля для багатьох культур, серед яких пшениця, зернові, картопля, китайська капуста, помідори й огірки [18].

Містячи комплекс біоактивних сполук, метаболічні пробіотики надають фітопротекторний, стимулюючий і адаптивний вплив на рослини, що сприяє

підвищенню врожайності (на 10–33%) та покращенню її якості [18].

2.2. Характеристика біопрепарату

Готовий препарат отримав назву стрептофунгін. Його активна речовина утворюється актиноміцетами і характеризується вираженою бактеріостатичною дією. Продукт являє собою гранульовану цеолітну біомасу, що містить живі клітини *S. albus* UN 44.

Препарат розроблений для використання у виробництві сільськогосподарської продукції, в рослинництві. Його рекомендується внести у ґрунту, кореневу зону. Він має позитивний вплив на ріст і розвиток міцелію актиноміцетів. У результаті в ґрунті утворюються антибіотики з протигрибковими властивостями, що забезпечує захисний ефект для культур.

Такі речовини здатні захищати рослини від негативного впливу грибів. Основним джерелом зараження є насіння ураженої рослини (включаючи саму рослину).

Препарат на зовнішній вид – порошок сірого кольору, гранули розміром 2-3 мм, вологість 8%. В якості пакування використовуються поліетиленові пакети ємністю до 3 кг. Поліетиленові мішки відповідають вимогам Державного стандарту.

Зберігають препарат у сухому темному місці за температури не вище +20 °С, відносна вологість повітря не більше 85%. Строк придатності до 2 років від дати виготовлення, за умови дотримання необхідних умов [15].

2.3. Технологічний процес та його етапи

ДР 1. Гігієнічна підготовка на виробництві включає (ДР 1.1.) підготовка персоналу, яке охоплює (ДР 1.1.1.) огляд медичний і санітарний, додаткові навчальні заходи для співробітників (ДР 1.1.2.), а також підготовку працівників, які виконують обов'язки в приміщеннях різних типів, лабораторіях та майстерень (зокрема, у зонах з різним рівнем чистоти). Особлива увага приділяється ознайомленню з вимогами (ДР 1.1.3.) з охорони праці.

ДР 1.3. Підготовка будівель, поверхонь обладнань й комунікації проводиться за допомогою очисних розчинів, після чого застосовуються дезінфікуючі засоби та чиста вода. Відпрацьовані розчини разом із промивними водами спрямовуються на утилізацію відходів [28].

У цьому контексті аналізуються (ДР 1.3.1.) приміщення виробництва, (ДР 1.3.2.) приміщення лабораторій й (ДР 1.3.3.) приміщення допоміжні. В цей етап відбувається контроль за рівнем концентрації мікроорганізмів у повітрі виробничих приміщень.

ДР 2.1. Для очищення приладів використовують теплий ($t=40^{\circ}\text{C}$) синтетичний мийний розчин. Частини приладів, які можна зняти та які мають контакт з продуктом, демонтують, а потім миють. Очищення здійснюється мийним розчином, після промивають питною водою однакової температури. Сировину також промивають водою для забезпечення відповідних санітарних норм. Відпрацьований розчин разом із промивними водами передають на етап утилізації відходів.

Розчин перекису водню (дезінфікуючий засіб) та розчин синтетичного прального порошку використовуються для обробки виробничих приміщень, устаткування та ін.

ДР 2.2. Дезінфекцію устаткування проводять наповнюючи його дезінфекційним розчином і витримуючи температуру 55°C впродовж 90 хвилин. Потім устаткування промивають багато разів питною водою, це дозволяє усунути залишки дезінфікуючого засобу. Відпрацьовані розчини та вода переходять на стадію утилізації.

ДР 2.3.Знезараження устаткування – важливий етап для повного знищення мікроорганізмів та їх спор. Цей процес необхідний для забезпечення стерильності обладнання перед початком його використання й потребує суворого контролю, щоб гарантувати досягнення необхідного рівня безпеки.

ДР 3. Очистка та стерилізація повітря. ДР 3.1. Потрапляє до системи повітря проходячи забірник повітря, після чого проходить попередню очистку від механічних домішок (ДР 3.2.). Такий фільтр монтується перед компресором

на лінії всмоктування.

Хід очищення базується на інерційній сепарації, що дозволяє видаляти великі частинки діаметром >5 мкм. Середовище, що фільтрує, має розроблене розташування елементів уловлювачів з великими проміжками, що зменшує опір потоку при високій швидкості фільтрації, досягаючи значень 1,5–3,0 м/с. Щоб осілі частинки при зазначених швидкостях не видалялися із фільтру, поверхню фільтруючих елементів змащують маслом. Саме завдяки цьому такі фільтри отримали назву масляних. Посеред різноманіття фільтрів найбільш розповсюдженим і популярним вважається ФЯР фільтр сітчастий [25, с.20].

ДР 4. Приготування живильного середовища. Компоненти середовища змішуються у реакторі, потім стерилізоване середовище через трубопровід транспортується і потрапляє в інокулятор і ферментер де відбувається культивування (вакцинації).

Процес стерилізації виконується за допомогою гарячої пари при температурі 125°C протягом 15 хвилин під тиском 0,05 МПа. Після цього, у теплообміннику, стерильне середовище охолоджується до температури $27-29^{\circ}\text{C}$.

ДР 5. Етап підготовки матеріалу для посіву. Щоб отримати посівний матеріал використовуємо вихідну культуру, вона зберігається в музеї садівника. Зазвичай для посіву застосовують молоді мікробні клітини, які знаходяться у початковому етапі утворення спор (спори або конідії). Їх розташовують у пробірках з похилими концентрованими середовищами чистих культур.

ТП 6. Біосинтез на виробництві. Процес біосинтезу на виробництві проводиться у ферментерах впродовж 120 годин за температури $28\pm 1^{\circ}\text{C}$, лужність середовища $\text{pH } 8\pm 0,2$. У ферментері створюється тиск 50 кПа. Провітрювання слід забезпечувати на рівні 0,4 об'єму повітря на 1 об'єм середовища за хвилину, а швидкість перемішування становить 300 обертів на хвилину.

Після завершення процесу культури необхідно знизити температурау, пускаючи до сорочки ферментера воду температурою $7-10^{\circ}\text{C}$.

ТП 7. Центрифугування, відокремлювання біомаси. Бульйон охолоджений надсилається на центрифугування для відокремлення біомаси при швидкості 3×1000 об./хв. Утворений фугат видаляється, а виділена біомаса спрямовується на установку вакуумний випаровувач.

ТП 8. Вакуумне випаровування, метод концентрації суспензії. Подальше концентрування ізольованої суспензії біомаси здійснюється вакуумним випарником. В умовах зниженого тиску (30 кПа) випаровується надлишкова волога зі суспензії біомаси за низької температури – 40 °С.

ТП 9. Дегідратація продукту. Продукт, отриманий після випаровувача ще вологий, тому суспензія надходить на сушіння у розпилювальну сушарку. Перед цим повітря, яке використовується в процесі сушіння, очищується від механічних частинок, щоб забезпечити необхідну якість.

ТП 10. Процес гранулювання. Для перетворення отриманої біомаси в товарний вигляд гранул використовується гранулятор на основі цеоліту. На цьому етапі рецептура готується у змішувачі-грануляторі, забезпечуючи оптимальні умови вологості та температури (80°C), необхідні для ефективного отримання гранул.

ТП 11. Розфасовка продукту. Заключним етапом технологічного процесу є фасування охолоджених і висушених гранул біомаси. Для цього користуються обладнанням для пакування на автоматизованій лінії, упаковуючи продукцію в мішки з поліетилену ємністю 3 кг [28].

ЗВ 12. Знешкодження та знезараження. Розчини, які використали у процесі виробництва направляють на знешкодження. Здійснюється воно для очищення повітряних мас, які утворилися в процесі біосинтезу, конденсатів та центрифугатів культур, очищення забрудненої води, а також утилізація партій браку лікарських препаратів тощо.

ПВ 13. Знезараження викидів. У процесі використовуються промивна вода та відпрацьоване повітря.

РОЗДІЛ 3

ЕФЕКТИВНІСТЬ БІОПРЕПАРАТІВ ПРИ ВИРОЩУВАННІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР

3.1. Ефективність ґрунтових біопрепаратів

В Україні розроблено унікальний препарат Ековітал, призначений для обробки насіння бобових культур. Він створений з використанням штамів бульбочкових бактерій. Його рекомендують застосовувати на таких культурах, як соя, люпин, горох, люцерна, конюшина, козлятник, буркун, лядвенець, нут, квасоля, вика, сочевиця та інших. Інокулянт також містить фосфатмобілізувальні бактерії, виведені нашими селекціонерами, які демонструють високу ефективність навіть за екстремальних погодних умов або несприятливих фізико-хімічних характеристик ґрунтів. Препарат вирізняється збалансованою біологічною активністю, має велику кількість мікробних метаболітів, володіє стабільністю й конкурентоспроможністю щодо місцевих ризобій. Він забезпечує ефективну дію в різних кліматичних умовах на різноманітних типах ґрунтів (табл. 3.1.).

Таблиця 3.1.

Відсоток перевищення урожаю сої при застосуванні Ековіталу

Препарат	Урожайність, % до контролю			
	Горлиця	Аліса	Медея	Романтика
<i>V. japonicum</i> УКМ В-6035	105,0	114,3	–	117,4
<i>V. japonicum</i> УКМ В-6023	–	–*	188,0	–
<i>V. japonicum</i> УКМ В-6018	108	108,4	–	121,0
ЕКОВІТАЛ	118,2	117,2	260,0	129,7

Примітка: *—не досліджували

При використанні біопрепарату спостерігалось формування більш розвиненого фотосинтетичного апарату та кореневої системи, а також

підвищення біологічної активності ризосферного ґрунту. Дослідження мікробіологічної властивості ґрунту у зоні кореня, виявили позитивні зрушення структури мікробіоти, відбувалося примноження кількості мікроорганізмів основних локально-місцевих груп, які задіяні в обігу С і N. Зростання чисельності цих мікроорганізмів збагачувало ґрунтову ризосферу елементами живлення та ФАР (фізіологічно активними речовинами), а також підвищенню вмісту легкогідролізованого азоту на 15%, на 55% доступних форм фосфору і на 18% доступного калію в порівнянні з контролем (див. табл. 3.2).

Таблиця 3.2.

Вміст макроелементів у ґрунті при застосуванні інокулянтів під сортом сої

		Горлиця		
Варіант досліджу		Вміст обмінного калію, мг/кг	Вміст рухомого фосфору, мг/кг	Вміст легкогідролізованого азоту, л, мг/кг
На час збору	На час посіву	88	110	40
	Контроль	90	112	40
	<i>B. japonicum</i> УКМ В-6035	102	128	46
	<i>B. japonicum</i> УКМ В-6018	96	185	42
	ЕКОВІТАЛ	104	170	46
	НІР0,05	1,8	0,7	3,5

Використання Ековіталу підвищувало стійкість сої до ураження хворобами [23]. Польові дослідження підтвердили можливість сумісної комплексної обробки біопрепарату з пестицидами при інтегрованій технології захисту рослин, зокрема з пестицидами Кінто дуо, Максим Стар 025 FS та Вітавакс-200ФФ. Використання інокулянту посилило дію пестициду та знизило негативну дію пестицидів на корисні мікроорганізми, зокрема корисну ґрунтову мікробіоту.

У всіх експериментальних варіантах, де насіння спочатку обробляли фунгіцидами, а через добу застосовували Ековітал, спостерігалось зменшення

розвитку захворювань сої, таких як аскохітоз і септоріоз. Проведена фітопатологічна оцінка в період кінець цвітіння – початок утворення плодів підтвердила ефективність обробки, стримувалось поширення зазначених хвороб у посівах сої. Найнижчий розвиток септоріозу (5,2%) і аскохітозу (0,3–0,5%) був зафіксований за використання Кінто Дуо та Максим Стар 025 FS сумісно з обробкою Ековіталом. Загальна ефективність сумісних обробок склала проти септоріозу 63,4–64,1%, проти аскохітозу 92–95%. Використання Ековіталу без додавання пестицидів підвищувало стійкість сої в контрольних умовах. Застосування препарату достовірно зменшувало ураження рослин хворобами.

Нанесення бактеріальних препаратів на поверхню насіння виявило позитивний вплив ріст та розвиток рослин, на підвищення їхньої продуктивності. У оброблених рослин спостерігалось збільшення кількості та маси бобів, що в підсумку забезпечило збільшення урожайності. Обробка насіння бактеріями збільшила урожайність сої по сортам Медісон 39%, Моравія 46%, Медея 96 в порівнянні з контролем. Високий рівень захисного й господарського ефекту також досягався завдяки комбінованій обробці із застосуванням хімічного протруйника та біопрепарату Ризобін.

Залежно від дослідних варіантів і сортів урожайність сої значно варіювалась. Максимальні показники були отримані у сорту Медісон, з врожайністю 5,6–6,6 т/га у дослідних варіантах, тоді як у контрольному варіанті показник становив лише 4,9 т/га. Примітно, що такі високі результати були зафіксовані виключно у 2023 році, коли погодні умови сприяли оптимальному утворенню врожаю. В 2024 році, який був відзначений тривалою посухою, врожайність суттєво знизилася: у контрольному варіанті вона склала 18 ц/га. Застосування обробки насіння біопрепаратами підвищило врожайність до 25–34 ц/га, перевищення контрольних показників склало 59 %. Ці дані свідчать про підвищену стійкість рослин сої до несприятливих погодних умов під впливом використаних препаратів.

Сорт Моравія за використання препаратів вдалося отримати врожайність

у межах 4,2-5,5 т/га, тоді як у контрольному варіанті вона становила 3,8 т/га. Для сорту Медея цей показник склав 4,0-5,5 т/га, на контролі лише 2,5 т/га. Високий рівень захисного і господарського ефекту також спостерігався при комбінованій обробці, яка передбачала використання хімічного протруйника разом із біопрепаратом Ризобін [15].

Для овочевих (огірки, капуста, томати та інші), зернових (озима та яра пшениця, ячмінь тощо), технічних (кукурудза, соняшник, льон та інші) культур розробили ефективний комплексний бактеріальний препарат Екофосфорин. Його основою є рістстимулювальні азотфіксувальні бактерії родів *Azotobacter* і *Agrobacterium*, а також фосфатмобілізувальні бактерії *Bacillus megaterium*. Препарат застосовується для нанесення на насінину, обробки кореневої системи перед посадкою, обприскування рослин протягом вегетаційного періоду.

Екофосфорин містить бактерії азотобактер, з точки зору фітозахисної активності їх дія була підтверджена під час комплексного дослідження на різних сільськогосподарських культурах.

Застосування Екофосфोरину на сорті пшениці озимої Подолянка підтвердили його стимулювальний вплив на ріст і формування врожаю при передпосівній інокуляції насіння. Попередником у сівозміні була соя. Після отримання сходів додатково вносили препарат Калібр.

Нанесення на поверхню насінини препарату Екофосфорин помітно впливало на збільшення асиміляційної поверхні, це підтверджується даними з таблиці 3.3.

Одним із ключових фізіологічних показників, що визначає урожайність культури є фотосинтетична активність на 1 м² площі асиміляційної поверхні. Він оцінюється за чистою продуктивністю фотосинтезу (ЧПФ), яка відображає кількість утвореної сухої фітомаси за добу 1 м² асиміляційної поверхні. Найвищі значення ЧПФ у фазу виходу у трубку зафіксовано при обробці Екофосфорином до 10,6 г/м² на добу, що становить 130,9% відносно контрольного варіанту.

Площа листкового апарату залежно від обробки насіння

Варіант досліджу	S з рослини,		S листків на 1 га, % до контролю
	% до контролю	S листків на 1 га, м ²	
	фаза колосіння		
Контрольний варіант	100	40332,6	100
АГАТ-25К (еталон)	107,3	44039,0	109,2
ЕКОФОСФОРИН	122	52242,4	129,5
	фаза молочної стиглості		
Контрольний варіант	100	38223,4	100
АГАТ-25К (еталон)	113	46262,4	121
ЕКОФОСФОРИН	121,3	50644,3	132,5

Екофосфорин дозволений до застосування з фунгіцидами, такими як Вітавакс 200 ФФ, Кінто Дуо, Максим Стар або XL 035 FS, Раксил. Його післядія проявляється в покращенні родючості ґрунтів завдяки насиченню азотом і фосфором, підвищенню структурованості, вдосконаленню біологічних властивостей та формуванню ґрунтової мікробіоти в зоні кореневої системи рослин. Препарат є безпечним для людини й тварин та може бути використаний в органічному землеробстві.

Мікробний препарат Екориз містить живі ризосферні рістстимулюючі бактерії *Agrobacterium radiobacter* УКМ В-5724 і продукти їх життєдіяльності [22]. Бактерія відібрана в Інституті мікробіології і вірусології НАН України.

Стимулюючу дію препарату Екориз на врожайність ярої пшениці демонстрували впродовж двох років польових досліджень. Ефективність препарату Екориз порівняли з контрольними препаратами: АГАТ-25К (у перший рік тестувань) та Поліміксобактерин (у другий рік).

3.2. Ефективність біопрепаратів

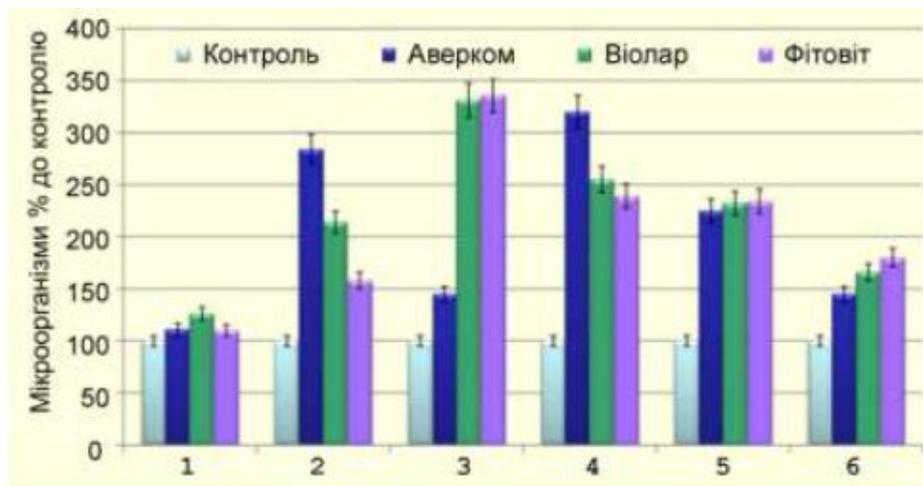
Дослідження ефективності нових екологічних біопестицидів проводилось

у різноманітних дослідженнях. Експерименти проходили в природних та штучних умовах. Створювали інфекційний й інвазійний фон із залученням різних культур, таких як зернові, бобові, технічні, та овочеві. Досліди проводилися також в умовах вегетаційного будиночку з використанням огірків і пекінської капусти. Препарат Аверкомн показав високу ефективність проти галової нематоди, що викликає мелоїдогиноз — поширене в нашій та інших країнах. Призводить до ураження коренів овочевих.

50%-ва нематицидна ефективність у лабораторних умовах (*in vitro*) досягнута від застосування Аверкомуна концентрацією 0,1 мкг/мл протягом 30 хвилин. Підвищення концентрації цього препарату за аналогічний проміжок часу спричиняє 100%-у загибель нематод. Таким чином, LD50 для галової нематоди дорівнює 0,1 мкг/мл при впливі протягом 30 хвилин за показника рН 7,0 та температури 28 ± 1 °C.

Важливим аспектом у цьому контексті є дія препарату на ґрунтові мікробні спільноти, які відіграють головне значення у процесі утворення ґрунту та круговороті хімічних елементів. Ці процеси безпосередньо впливають на ґрунтову родючість.

В ризосферній зоні ґрунту рослини, обробленої біопрепаратом, активізується розвиток мікроорганізмів, вони мають основне значення у перетворенні різноманітних речовин на прості складові. Їхня кількість зростає в 3 рази. В той же час використання хімічних препаратів, навпаки, призводить до зменшення чисельності важливих з агрономічної точки зору організмів у 1,5 рази порівнюючи з контрольними показниками (Рис. 3.1).



Позначення:
 1 – педотрофні
 2 – аміллітичні
 3 – амоніфікувальні
 4 – азотфіксувальні
 5 – фосфатмобілізувальні
 6 – целюлозоруйнівні бактерії.

Рис. 3.1. Кількість мікроорганізмів у ґрунті під рослинами томату сорту Санька залежно від використаних біопрепаратів

Позитивний ефект біологічних препаратів на живу частину ґрунту пояснюється їх прямою дією на мікроорганізми, так і опосередкованим впливом через стимулювання росту рослин та збільшення кількості корневих виділень. Доведено, що жива частина ґрунту має позитивний вплив на ріст рослин, вона забезпечує кореневу систему ФАР, вітамінами, азотом (щляхом азотфіксації), а також підвищуючи доступність таких елементів, як фосфор, калій та мікроелементи. Водночас вони сприяють пригніченню фітопатогенних мікроорганізмів. Завдяки подібним позитивним змінам у мікробних угрупованнях ризосфери спостерігається загальне зростання біологічної активності ґрунту, що відображається у збільшенні рівня виробництва CO_2 .

Ефективне застосування біопрепаратів підтверджено польовими дослідженнями з овочевими, технічними та зерновими культурами. Використання біопрепаратів збільшило урожайність томатів на 60%. При цьому спостерігалось покращення біохімічних показників якості продукції. Збільшилось у плодах томатів суха речовина, цукор в 1,5 рази, вітамін С, β -каротин (майже в 2 рази), а вміст нітратів знижувався на 300%.

Розрахунок економічних показників свідчить, що застосування біологічних препаратів значно скорочує фінансові й матеріальні затрати на пестициди, водночас підвищуючи рентабельність і конкурентоспроможність

продукції рослинництва. Такий підхід є прибутковим з економічної точки зору, також перевага є в екологізації технології вирощування, яка сприяє отриманню чистої продукції сільського господарства. У процесі вирощування пшениць кращі економічно важливі показники досягнуті завдяки застосуванню препаратів ФІТОВІТ і АВЕРКОМУН. Рентабельність витрат склала понад 8 гривень прибутку на кожную додатково інвестовану гривню. Це забезпечено не лише підвищенням урожайності, але й покращенням якості продукції та оптимізацією технологічних процесів виробництва.

Застосування біологічних препаратів в технології вирощування томатів, Аверкомун, Віолар і Фітовіт, показало кращі економічно важливі показники в порівнянні з пестицидами. Окупність витрат становила понад 18-24 грн. Окрім підвищення врожайності, вдалося отримати продукцію високої якості та оптимізувати технології вирощування.

Біопрепарати, що є продуктами мікробіології та мікробіотехнології, що впроваджені в аграрне виробництво, потенційно можуть набути головний напрям розвитку. Це обґрунтовано їхньою здатністю реально сприяти зниженню забруднення навколишнього середовища, відновленню родючості ґрунту, також забезпеченню виробництва екологічно чистої й високоякісної продукції, що є особливо важливим у нестабільних погодних умов.

ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

Дослідження мікробних препаратів, створених на базі ґрунтових бактерій, охоплює аналіз їх зв'язку з сільським господарством, екосистемою і забезпеченням сталого виробництва. Слід мати на увазі, результативність залежить від умов та видів бактерій у конкретній місцевості.

1. Використання біологічних препаратів ґрунтових бактерій сприяє поліпшенню ґрунтової родючості та структури верхнього шару, вони збільшують кількість доступних елементів живлення.

2. Біологічні препарати оптимізують використання корисних речовин з ґрунту, зменшуючи залежність від мінеральних добрив та шкоди для довкілля.

3. Ґрунтові бактерії здатні проявляти антагоністичну активність щодо небажаних мікроорганізмів, це допомагає контролю над шкідниками та захворюваннями рослин. Крім того, вони стимулюють ростові процеси рослин внаслідок збагачення азотного живлення та створенню рістстимулюючих речовин, це позитивно позначається на підвищенні врожайності.

4. Окремі біологічні препарати роблять рослини більш стійкими до стресових ситуацій, особливо до посухи та забруднення навколишнього середовища.

5. Застосовуючи мікробні препаратів ми можемо зберегти біорізноманіття навколишнього середовища та оздоровити екосистеми.

6. Сільськогосподарські підприємства можуть отримати економічні вигоди від застосування біопрепаратів та зменшити використання хімічних пестицидів і добрив.

ПРОПОЗИЦІЯ

Сільськогосподарським підприємствам при вирощуванні с.-г. культур більш широко застосовувати біологічні препарати, бо це економічно вигідно і запобігає забрудненню навколишнього середовища.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Голей Ю. М., Стасюк Ю. М., Крупський О. П. Дослідження світових тенденцій розвитку біотехнологій. *ІННОВАЦІЙНА ЕКОНОМІКА*. 2022. №. 1. С. 12-22.
2. Полупан М.І., Соловей В.Б., Величко В.А. Класифікація ґрунтів України. К.: *Аграрна наука*, 2005. 300 с.
3. Остапчук М.О. и др. Використання біопрепаратів-перспективний напрямок вдосконалення агротехнологій. *Сільське господарство та лісівництво*. 2015. №. 2. С. 5-17.
4. Іутинська Г.О. Мікробні біотехнології для реалізації нової глобальної програми забезпечення сталого розвитку агросфери України. *Агрокол. журн.* 2017, №2. С. 149-155.
5. Леонова Н.О., Титова Л.В., Танцюренко О.В., Антипчук А.Ф. Фізіологічна активність бульбочкових бактерій сої (*Bradyrhizobium japonicum*) за дії флавоноїдів. *Наук. Вісник ЧНУ, Серія: Біологія*. 2005, 252. С. 132-139.
6. Іутинська Г.О., Титова Л.В., Леонова Н.О., Бровко І.С. Активність основних ферментів асиміляції амонію у *Bradyrhizobium japonicum* за дії рослинних індукторів флавоноїдної природи. *Мікробіол. журн.* 2010, 72(6). С. 23-29.
7. Leonova N.O. Синтез ауксинів та цитокінінів *Bradyrhizobium japonicum* за дії флавоноїдів. *Мікробіол. журн.* 2015, 77(5). С. 95-103.
8. Tytova L.V., Brovko I.S., Kizilova A.K., Kravchenko I.K., Iutynska G.A. Effect of complex microbial inoculants on the number and diversity of rhizospheric microorganisms and the yield of soybean. *Int. J. of Microbiol. Res.* 2013, 4(3). P.267-274.
9. Білявська Л.О. Вплив метаболічних біопрепаратів на основі ґрунтових стрептоміцетів на продуктивність пшениці ярої. *Агроекологічний журнал*. 2016, 3. С.74-83.

10. Білявська Л.О., Іутинська Г.О. Новітні екологічно безпечні біопестициди на основі ґрунтових стрептоміцетів для рослинництва. Посібник українського хлібороба. 2017, 1. С.270-273.

11. Білявська Л.О., Лобода М.І., Литовченко А.М., Бабич О.А., Іутинська Г.О. Новітні біотехнології на основі ґрунтових мікроорганізмів для аграрного органічного виробництва. Матеріали VI Міжнародної науково-практичної конференції «Органічне виробництво і продовольча безпека» (м. Житомир 24-25 травня 2018 р.). Житомир: Видавець О. О. Євенок. 2018, С.562-567.

12. Білявська Л.О., Галаган Т.В., Іутинська Г.О. Антинематодна активність метаболітів, що продукуються ґрунтовими стрептоміцетами. Мікроб. журн. 2016, 78(4). С.27-38.

13. Іутинська Г.О., Циганкова В.А., Білявська Л.О., Козирицька В.Є. Вплив нових біопрепаратів на основі Аверкому на розвиток і продуктивність рослин та експресію генів синтезу si/mi РНК. Мікробіологія і біотехнологія. 2013, 1. С. 48-58.

14. Драговоз І.В., Леонова Н.О., Іутинська Г.О., Яворська В.К. Спосіб визначення біологічної активності штамів бульбочкових бактерій роду *Bradyrhizobium*. Патент України на винахід № 95878 МПК А01N 63/02 С05F 11/08. Опубл. 12.09.2011. Бюл. № 17.

15. Kushkevych I, Abdulina D, Dordević D, Rozehnalová M, Vítězová M, Černý M, Svoboda P, Rittmann S. Basic Bioelement Contents in Anaerobic Intestinal Sulfate-Reducing Bacteria. *Applied Sciences*. 2021; 11(3): 1152.

16. Pirog T, Kluchka L, Lytsai D, Stabnikov V. Factors affecting antibiofilm properties of microbial surfactants. *Scientific Study & Research: Chemistry & Chemical Engineering, Biotechnology, Food Industry*, 2021 (1), 27- 37.

17. Dubynska O., Tytova L. Influence of endophytic-rhizobial inoculation on the formation of leaf surface area, symbiotic apparatus and yield of soybean under irrigation conditions in the south of Ukraine. *European*

18. Титова Л.В. Леонова Н.О., Вознюк С.В., Іутинська Г.О. Біопрепарати на основі мікробних культур: можливості підвищення продуктивності і стабільності рослинництва. Посібник українського хлібороба. 2017, 1. С.232-234.

19. Миколаєвський В.П., Сергієнко В.Г., Титова Л.В. Вплив інокулянтів на формування симбіотичних систем, розвиток хвороб та продуктивність сої різних сортів. Мікробіологія і біотехнологія. 2016, 3. С.57- 68.

20. Титова Л.В., Іутинська Г.О., Бровко І.С. Комплексний бактеріальний препарат Екофосфорин для обробки культурних рослин. Патент України на винахід №105276, Публ. 25.04.2014. Бюл. №8.

21. Сергієнко В.Г., Шита О., Титова Л.В. Комплексний захист картоплі. Плантатор. 2012, 3. С.50-53.

22. Титова Л.В., Сергієнко В.Г., Антипчук А.Ф. Препарати азотфіксуючих бактерій: вплив на хворобостійкість і продуктивність томатів. Карантин і захист рослин. 2005, 10. С.24-27.

23. Титова Л.В., Бровко І.С., Іутинська Г.О. Біопрепарат для стимуляції росту рослин пшениці. Патент України на винахід №102914, Публ. 27.08.2013. Бюл. №16.

24. Титова Л.В. Леонова Н.О., Бровко І.С., Іутинська Г.О. Комплексний мікробний препарат Ековітал для інокуляції насіння бобових культур. Патент України на винахід №101388, Публ. 25.03.2013. Бюл. №6.

25. Вознюк С.В., Титова Л.В., Ляска С.І., Іутинська Г.О. Вплив бактеріального препарату Ековітал у комплексі з сучасними фунгіцидами на ризосферний мікробіоценоз, стійкість до грибних патогенів і продуктивність сої. Мікробіол. журн. 2015, 77(4). С.8-14.

26. Pesticides: Problems, Improvements, Alternatives / Ed. Frank den Hond, Peter Groenewegen, Nico M. van Sraalen. – Oxford: Blackwell

Science Ltd a Blackwell Publishing Company. 2003. 273 p.

27. Ямборко Н.А., Іутинська Г.О., Піндрус А.А. Бактеріальний препарат «Біорем» для деструкції гексахлорциклогексану у ґрунті. Патент України на винахід №102125, Україна, Публ. 2013, Бюл. №11.

28. Iutynska G.A., Biliavska L.O., Kozyriska V.Y. Development strategy for the new environmentally friendly multifunctional bioformulations based on soil streptomycetes. Мікробіол. журн. 2017, 79(1). С.22-33.

29. Iutynska G.O., Tytova L.V., Leonova N.O., et.al Complex preparations based on microorganisms and plant growth regulators. In: Iutynska GO, Ponomarenko SP (eds). New plant growth regulators: basic research and technologies of application. Kyiv: Nichlava; 2011, P.161-208.

30. Agriculture and Food Production, In Applied Mycology and Biotechnology (Ed. by Arora D.K., Khachatourians G.G.), Vol. 1-2, 2001-2002. 808 p.

31. Genilloud O. et al. Current approaches to exploit actinomycetes as a source of novel natural products. J. Ind. Microbiol. Biotechnol. 2011, 38(3). P.375- 389.

32. Білявська Л.О. Нові композиційні антинематодні біопрепарати для рослинництва. «Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія Біологія». 2015, 1(62). С.61-64.

33. Biliavska L.O., Tsygankova V.A., Kozyriska V.E. et. al. Application of new microbial plant resistance/plant growth protection inducers for increasing Chinese cabbage plant tolerance against parasitic nematodes *Heterodera schachtii* Schmidt. International Journal of Research in Biociences. 2016, 5(2). P.64-82.

34. Білявська Л.О., Козирицька В.Є., Коломієць Ю.В., Бабич О.А., Іутинська Г.О. Фітозахисні та рістрегулювальні властивості метаболітних препаратів на основі ґрунтових стрептоміцетів. Доповіді НАН України. 2015, 1. С.131-137.

35. Kushkevych I, Abdulina D, Dordević D, Rozehnalová M, Vítězová M, Černý M, Svoboda P, Rittmann S. Basic Bioelement Contents in Anaerobic Intestinal Sulfate-Reducing Bacteria. *Applied Sciences*. 2021; 11(3): 1152.

36. Pirog T, Kluchka L, Lytsai D, Stabnikov V. Factors affecting antibiofilm properties of microbial surfactants. *Scientific Study & Research: Chemistry & Chemical Engineering, Biotechnology, Food Industry*, 2021 (1), 27- 37.

37. Tsygankova V.A., Iutynska G.A., Galkin A.P., Blume Ya.B. Impact of new natural biostimulants on increasing synthesis in Plant cells of small regulatory si/miRNA with high anti-nematodic activity. *Internat. J. Biol.* 2014, 6(1). P.48-64.

38. Tsygankova V.A., Biliavska L.O., Andrushevich Ya.V., Bondarenko O.N., Galkin A.P., Babich O.A., Kozyritska V.E., Iutynska CO., Blume Ya.B. Impact of new microbial PR/pgp inducers on increase of resistance to parasitic nematode of wild and RNAi transgenic rape plants. *Advances in Bioscience and Bioengineering*. 2014, 2(1). P.66-103.

39. Іутинська Г.О., Ямборко Н.А., Піндрус А.А., Мельничук С.Д., Лоханська В.Й., Баранов Ю.С., Самкова О.П. Мікробна деструкція похідних циклічних вуглеводнів (α -, β -, γ -гексахлорциклогексану) у ґрунті. Наукові доповіді НАУ, 2007. 1(6). <http://www.nbuuv.gov.ua/e-Journals/nd/2007-1/07igoits.pdf>.

40. Смірнов В.В., Пати́ка В.П., Підгорський В.С. та ін. Мікробні біотехнології в сільському господарстві. *Агроекологічний журн.* 2002. № 3. С. 3-9.

41. Волкогон В. В., Дімова С. Б., Волкогон К. І., Борулько Р. О., Бердніков О.М. Вплив мікробних препаратів на засвоєння культурними рослинами поживних речовин. *Вісник аграрної науки*. 2010. № 5. С. 25–28.

42. Корсун С.Г. Спосіб визначення екологічної стійкості ґрунтів в агроландшафтах. *Вісник аграрної науки*. 2006. № 6. С. 61–63.

43. Патика В.П., Симочко Л.Ю. Мікробіологічний моніторинг ґрунту природних та трансформованих екосистем Закарпаття України. Мікробіологічний журнал. 2013. Т. 75, № 2. С. 21–31.

44. Зленко І.Б. Формування мікробоценозів на початкових етапах біологічного освоєння рекультивованих земель: монографія. Дніпро: Пороги, 2021. 190 с.