МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА

Факультет плодоовочівництва, екології та захисту рослин
Кафедра біології

Допущено до захисту
«___» _____ 2023 року
Зав. кафедри, к.с.-г.н., доцент
_____ Лариса РОЗБОРСЬКА

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
магістра

МІКРОБІОЛОГІЧНА АКТИВНІСТЬ ҐРУНТУ АГРОБІОЦЕНОЗУ СОЇ ЗА ДІЇ БІОЛОГІЧНИХ ПРЕПАРАТІВ

Виконала: студентка 2 курсу, групи 21 м-б
спеціальності 091 Біологія
Інна БОЙКО

Керівник: Олександр ЗАБОЛОТНИЙ,
кандидат с.-г. наук, доцент

Умань – 2023

ЗМІСТ

ВСТУП

РОЗДІЛ І. ЕФЕКТИВНІСТЬ ІНОКУЛЯЦІЇ СОЇ БІОЛОГІЧНИМИ ПРЕПАРАТАМИ

РОЗДІЛ 2. УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ОСНОВНИХ ОБЛІКІВ І СПОСТЕРЕЖЕНЬ

2.1. Географічне місце проведення досліджень

2.2. Ґрунтові умови

2.3. Кліматичні умови

2.4. Характеристику особливостей об’єкту дослідження

2.5. Схема досліду

2.6. Методика проведення дослідження

РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИВНА ЧАСТИНА

3.1. Формування симбіотичного апарату та загальної чисельності мікроорганізмів ризосфери сої

3.2. Чисельність азотфіксувальних бактерій у ризосфері сої

3.3. Формування листкового апарату сої

3.4. Чиста продуктивність фотосинтезу

3.5. Урожайність зерна сої

РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОЩУВАННЯ СОЇ ЗА БАКТЕРИЗАЦІЇ НАСІННЯ МІКРОБНИМИ ПРЕПАРАТАМИ

РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА ПРИ ЗАСТОСУВАННІ БІОЛОГІЧНИХ ПРЕПАРАТІВ У ПОСІВАХ СОЇ

ВИСНОВКИ

ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

ДОДАТКИ

ВСТУП

Соя і соєві продукти є основним джерелом продовольчого білка та важливим фактором росту економіки багатьох країн світу. Від її виробництва залежить стабілізація землеробства, ліквідація дефіциту білка, поповнення ресурсів жирів, підвищення врожайності інших культур, оскільки соя збагачує ґрунт азотом. Постійний попит на сою і соєві продукти як на внутрішньому, так і зовнішньому ринках України зумовив розширення площі посівів під цією культурою. На ряду зі збільшенням посівних площ рівень врожайності сої залишається поки невисоким і нестабільним.

Актуальність кваліфікаційної роботи. Все більшої актуальності для України набувають дослідження шляхів збільшення рівня врожайності сої шляхом впровадження нових високопродуктивних сортів і вдосконаленням технології вирощування [1]. Вирішення цього питання стає можливим завдяки застосуванню біопрепаратів виготовлених на основі активних штамів бульбочкових бактерій. Інокуляція насіння є не тільки екологічно безпечним, а й економічно вигідним прийомом у вирощуванні сої, який підвищує ефективність фіксації молекулярного азоту, покращує умови росту і розвитку рослин, їх продуктивність та якість насіння. Тому, вивчення ефективності застосування біологічних препаратів у посівах сої є актуальним питанням [2, 3].

Мета і завдання дослідження **–** вивчення впливу мікробних препаратів Ризоактив, Нітрофікс, Легум Фікс та Оптімайз на формування симбіотичного апарату сої, мікробіологічну активності ґрунту в ризосфері культури, ріст листкової поверхні та формування рівня зернової продуктивності в умовах навчально-виробничого відділу Уманського національного університету садівництва.

Об'єкт дослідження – кількість та маса бульбочок, загальна чисельність мікроорганізмів у ризосфері сої, формування фотосинтетичної поверхні та рівня врожайності культури.

Предмет дослідження **–** сорт сої Муза, мікробні препарати Ризоактив, Нітрофікс, Легум Фікс та Оптімайз.

Наукова новизна дослідження **–** в умовах навчально-виробничого відділу Уманського національного університету садівництва вперше досліджено вплив мікробних препаратів на формування симбіотичного апарату сої, чисельність основних груп мікроорганізмів у ризосфері культури, динаміку наростання листкової поверхні та величину зернової продуктивності.

Практична цінність дослідження **–** дослідженнями обгрунтовано підбір найбільш ефективного мікробного препарату, який сприяє найбільш ефективному формуванню симбіотичного апарату і мікробіоценозу ризосфери сої, що безпосередньо впливає на формування продуктивності культури.

Апробація результатів досліджень. За темою кваліфікаційної роботи видано працю у збірнику студентських наукових праць Уманського національного університету садівництва, приурочений 100-річчю від дня народження українського вченого в галузі агрономії, професора І. М. Карасюка.

Бойко І.М. Мікробіологічна активність ґрунту агробіоценозу сої за дії біологічних препаратів. *Збірник студентських наукових праць Уманського національного університету садівництва, приурочений 100-річчю від дня народження українського вченого в галузі агрономії, професора І. М. Карасюка*. С. 13–14. (додаток А 1).

РОЗДІЛ І
ЕФЕКТИВНІСТЬ ІНОКУЛЯЦІЇ СОЇ БІОЛОГІЧНИМИ ПРЕПАРАТАМИ

Соя (*Glicine hispida* (Moench) Max) є основною зернобобовою культурою у світовому землеробстві, у її насінні міститься 30–55 % білка, 13–26 % жиру, 20–32 % крохмалю, а також багато вітамінів, макро- та мікроелементів, вона має велике продовольче, технічне, кормове та агротехнічне значення [4].

На світовому ринку попит на сою постійно зростає, тому площі посівів, врожайність та валовий збір цієї культури постійно збільшуються – за останні 50 років світове виробництво сої зросло в 9 раз і на сьогоднішній день становить більше 350 млн т. Незмінно лідерами із вирощування зерна цієї культури є США, Бразилія, Аргентина, які в 2017 році зібрали рекордні 286 млн т сої, що становить більше 82% її світового виробництва [5].

В Україні виробництво зерна сої також невпинно зростає, особливо за останнє десятиріччя. Статистика свідчить, що за останні 10 років середня врожайність сої збільшилася майже на 7 ц/га, а валовий збір зерна – в 5,2 рази [6].

У зв’язку із забрудненням навколишнього середовища агрохімікатами з кожним роком посилюється роль і значення органічного землеробства, тому впродовж останніх десятиліть відбувається формування потужного світового ринку сільськогосподарської продукції та продовольства вищої екологічної якості, що вироблялася без використання пестицидів та мінеральних добрив промислового походження.

Ємність такого ринку продуктів органічного землеробства вже перевищила 50 млрд доларів США і має визначену тенденцію до подальшого зростання. Нині питома частка біологічного землеробства в більшості країн ЄС (без країн Східної Європи) сягає 9–12 % із перспективою її доведення

впродовж найближчих років до 17–25 %. Аналогічні процеси відбуваються у США, Мексиці, Австралії, Індії, Японії та Китаї [7, 8].

В Україні до 2030 року передбачається збільшення площ під органічним землеробством до 3,0 млн. га, що становитиме 1,7 % всіх площ сільськогосподарських угідь [9]. Тому, враховуючи світову тенденцію щодо розвитку та поширення органічного землеробства, надзвичайно важливим є використання в нашій країні біологічних методів синтезу азоту та застосування ефективних біологічних препаратів.

Загальновідомо: якщо частка бобових культур у сівозмінах складає 20–30 %, то це дає змогу на чверть скоротити обсяг внесення мінерального азоту під зернові культури сівозміни без істотного зниження їх продуктивності [10]. У Лісостепу України у зв’язку із інтродукцією сої обов'язковим елементом технології вирощування цієї культури є передпосівна інокуляція насіння бактеріальними препаратами, виготовленими на основі активних штамів бульбочкових бактерій, що дає можливість мінімалізувати використання мінеральних азотних добрив [11].

Цей агрозахід є важливим, оскільки соя дуже вимоглива культура до поживного режиму ґрунту і на формування 1 ц зерна соя виносить з ґрунту 7,5–10 кг азоту, 3–4,5 кг калію, 1,7–2,5 кг фосфору, тому вона добре реагує на органічні і мінеральні добрива у легкодоступній формі. З урожаєм 25 ц/га соя виносить із ґрунту близько 200 кг азоту, 60 кг фосфору, 60–90 кг калію. Потреба в азоті до 60 % задовольняється за рахунок його біологічної фіксації з повітря [12, 13].

Симбіотична фіксація молекулярного азоту бульбочковими бактеріями роду *Rhizobium* у симбіозі з рослинами родини бобових (*Fabaceae*) – унікальне біологічне явище живої природи, оскільки саме в результаті бобоворизобіального симбіозу поєднується два глобальних біохімічних процеси – азотфіксація і фотосинтез, завдяки чому досягається оптимізація азотновуглеводного балансу в рослинному організмі [14, 15]. Ця біологічна особливість бобових здатна забезпечити рослини фіксованим атмосферним

азотом у формі органічних сполук у необмеженій кількості в найбільш необхідний період росту і розвитку рослин, що дає можливість формувати стабільні та екологічно безпечні врожаї. Від застосування такого заходу високий ефект спостерігається на ґрунтах, де відсутні або низькопродуктивні специфічні ризобії [16–19].

Крім того, за оптимальних умов разом з пожнивними та кореневими рештками вона залишає в ґрунті після себе ще 25-59 кг/га азоту, чим істотно покращує баланс даного елементу в ґрунтах сівозміни, підвищує врожайність наступних культур та сприяє зростанню рентабельності виробництва [20–23].

Симбіотично фіксований азот, який залишається з кореневими рештками у ґрунті, має пролонговану дію та засвоюється рослинами майже на 100 %. В той час як коефіцієнт використання рослинами азоту з мінеральних добрив не перевищує 40-60 % від загальної внесеної його кількості в ґрунт, решта втрачається різним шляхами: трансформується у ґрунті до газоподібних сполук, вивітрюється в атмосферу, вимивається з ґрунтового середовища та забруднює водоймища [24].

Відбувається процес азотфіксації в бульбочках – особливих утвореннях, що формуються внаслідок симбіозу бобових культур з азотфіксуючими бактеріями, які проникають у кореневу систему рослин через кореневі волоски. На місці їх проникнення із тканин кореня, що розтріскується, формуються бульбочки, кількість яких на одній рослині за оптимальних умов варіює від 20 до 80 штук. Основна їх маса розміщується в орному шарі ґрунту ближче до його поверхні – на головному та бічних коренях [25].

Після переходу до симбіотичного існування бульбочки виконують функцію екологічної ніші для бактерій, оскільки захищають їх від зовнішнього впливу несприятливих екологічних факторів та забезпечують рослинними фотоасимілятами, які є енергетичним матеріалом, С-акцепторами аміаку і джерелом вуглецю для росту бульбочок [26]. Ризобії, в свою чергу, активізують процеси фотосинтезу, стимулюють розвиток

кореневої системи та підвищують її абсорбуючу здатність, що позитивно впливає на рівень засвоєння рослинами поживних речовин з ґрунту, а також забезпечують рослини продуктами біологічної фіксації азоту [27].

Загалом, симбіотична взаємодія між бобовими рослинами і бульбочковими бактеріями – складний фізіологічний процес, який регулюється системою сигналінгу між макро- і мікросимбіонтами [28]. Утворення бульбочок на коренях сої відбувається з початком фотосинтетичної діяльності рослин, тобто вже через тиждень після проростання, а через 10–14 діб, у результаті бобово-ризобіального симбіозу, рослини вже можуть задовольняти основну частину своєї потреби в азоті. Активна азотфіксація утвореними бульбочками триває близько 6-7 тижнів, нові бульбочкові утворення формуються впродовж усього життя рослини. Максимальної інтенсивності симбіотична продуктивність сої досягає у фазах цвітіння, утворення бобів та насіння, після чого різко знижується [29].

У природних умовах зараження сої бульбочковими бактеріями відбувається не завжди, оскільки ця культура відзначається високою сортовою специфічністю до їх штамів, а тому спонтанне зараження ризобіями на наших ґрунтах малоефективне. Тим більше, на полях, де раніше сою не висівали, ґрунти зовсім не містять аборигенних популяцій *Rhizobium japonicum*, в наслідок чого, рослини зовсім не формують бульбочки, а споживають азот лише з ґрунту і добрив [30].

Оскільки у складі епіфітного та ендофітного мікробіоценозу насіння сої ризобій також не було виявлено [31], для формування ефективного соєво-ризобіального симбіозу обов’язковим агротехнічним прийомом є штучна інокуляція (бактеризація) насіння високоактивними штамами бульбочкових бактерій, що характеризуються високою екологічною пластичністю та комплементарністю до широкого спектру сучасних сортів, у тому числі, різних за строками дозрівання [29]. За використання невідповідного штаму бактерій вони не утворюють кореневих бульбочок з нечутливою до них рослиною [27].

У зв’язку з наведеним все далі ширше у багатьох країнах, незважаючи на широкі можливості застосування агрохімікатів під час вирощування сільськогосподарських культур, пріоритетне значення надається використанню мікробних препаратів. Актуальним сьогодні є застосування біопрепаратів на основі азотфіксувальних, фосфатмобілізувальних мікроорганізмів та продуцентів речовин фітогормональної дії для поліпшення мінерального живлення рослин, стимуляції їхнього росту і розвитку та підвищення імунного статусу [32].

Серед факторів, що значною мірою впливають на ріст і розвиток рослин сої, важливе значення має передпосівна бактеризація насіння. Основними чинниками, які визначають ефективність препаратів-інокулянтів у виробничих умовах, є активність штамів бульбочкових бактерій та їх конкурентоздатність, а також такі фактори, як погодні умови вегетаційного періоду, кислотність і рівень родючості ґрунту та агротехніка вирощування культури [33].

В цілому, нині на ринку України представлений широкий спектр інокулянтів, як вітчизняного, так і іноземного виробництва. Вони випускаються у твердій і рідкій формах [34, 35]. Найчастіше для твердих бактеріальних добрив, як субстрат, використовують торф або вермикуліт, а для кращого утримання його на насінні додають прилипач [36].

Рідка форма інокулянту, зазвичай, складається зі штаму бульбочкових бактерій у рідкому живильному середовищі та суміші фізіологічно-активних речовин, що містить мікро- та макроелементи («екстендер») для забезпечення виживання бактерій на обробленому насінні впродовж певного періоду. Основною вимогою до такого виду біопрепаратів є підтримання високих титрів активних бактеріальних клітин впродовж тривалого часу. Титр кращих сучасних препаратів сої складає 2- 4 млрд. клітин/г (мл) субстрату до двох років, що дозволяє використовувати залишки препарату у наступному сезоні [29, 37, 38].

Дослідження А. О. Бабича та О. В. Рудика [39] з вивчення симбіотичних взаємовідносин сортів сої нового покоління з бульбочковими бактеріями *Bradyrhizobium japonicum* в умовах Лісостепу правобережного показало, що застосування передпосівної інокуляції насіння сприяло підвищенню врожайності сортів сої, при цьому вплив залежав від індивідуальних генетичних властивостей сортів. Так, приріст урожаю від застосування Ризогуміну і Оптімайзу склав 10 і 12 % відповідно.

В роботі В. П. Дерев´янського зі співавторами [40] встановлено, що сорти сої по різному реагують на штами бульбочкових бактерій. Рослини формували більшу кількість бобів, насіння, бульбочок на кореневій системі, площу листкової поверхні, збільшувався вміст олії, протеїну. Встановлено, що в умовах західного Лісостепу насіння сортів сої Легенда й Анжеліка перед сівбою доцільно інокулювати штамом М-8. Застосування штаму 1К сприяє підвищенню продуктивності сортів Княжна і Хвиля а штам 2К – сортів Хуторяночка і Сіверка.

Камінський В.Ф. констатує що внаслідок обробки насіння бактеріальними препаратами маса кореневих бульбочок зростала на 0,15-0,35 г/рослину відносно контрольного варіанту (0,67 г/рослину), а кількість бульбочок у базальній частині кореня досягала 30-38 шт./рослину рослин сої, в той час як на варіанті без інокуляції – їх нараховувалось лише 8-9 шт./рослину [41].

Бактеризація насіння сої штамом бактерій *Bradyrhizobium japonicum* 71Т, за повідомленням Г.О. Іутинської [42], підвищувала азотфіксуючу активність у 4,5 рази.

Т.П. Шепілова стверджує, що найменша кількість бульбочок спостерігалася у контрольному варіанті і суттєво збільшувалась за інокуляції насіння. Так, у фазі цвітіння вона підвищилась у сорту Золушка на 7,2–8,8 шт., а в сорту Ромашка на 9,4–9,9 шт./рослину. У фазі наливу насіння кількість бульбочок була в межах 50,2–63,4 шт./рослину. Найбільше їх утворилось у варіантах з обробкою насіння Ризостим у обох сортів 57,8

шт./рослину (сорт Золушка) та 63,4 шт./рослину (сорт Ромашка). Інокуляція насіння біопрепаратами забезпечила приріст чисельності бульбочок відносно необроблюваного контролю в обох сортів. У сорту Золушка вона зросла на 6,7–7,6 шт./рослину (13,3–15,1 %), а в сорту Ромашка – на 8,5–9,2 шт./рослину (15,7–16,9 %). Також досліджуваний мікробний препарат забезпечив підвищення врожайності за рахунок інтенсифікації процесів азотфіксації, фосформобілізації, продукування фітогормонів, збільшення ступеня засвоєння рослинами мінерального азоту. Встановлено, що врожайність сої сорту Золушка складала 16,2–17,6 т/га, Ромашка – 18,8–20,8 т/га. Застосування Ризостиму сприяло істотному збільшенню цього показника. Так, у сорту Золушка приріст урожаю був на рівні 0,08–0,14 т/га, у сорту Ромашка – 0,14–0,20 т/га [43].

Іншими дослідженнями Т.П. Шепілової [44] встановила, що інокуляція насіння сої Ризогуміном сприяє істотному збільшенню врожайності відносно контролю на 0,15 т/га ($НІР_{05}$ = 0,14 т/га та забезпечує приріст врожаю більше контрольного варіанту досліду на 9,3 %.

Дослідженнями С.М. Крамарьова та С.М. Артеменко [45] виявлено, що найбільш інтенсивне утворення бульбочок на кореневій системі відбувалося в період повного цвітіння – налив бобів. У фазу формування насіння на ділянках, де застосовували штами Х9, 30 та Д2, кількість бульбочок сягала на одній рослині 19,9–22,8, дещо вищі показники їх утворення (24,3–24,4 шт.) було відмічено за інокуляції насіння штамами 46 та 626а. У роки з достатнім зволоженням показники кількості й маси бульбочок були значно більшими, ніж у посушливі погодні умови. Бульбочки в основному розміщувалися на головному корені та розгалуженнях першого порядку на глибині 0–15 см. Вони мали світло-рожеве забарвлення, що свідчить про їх досить високий ступінь азотфіксуючої активності.

Цими ж авторами встановлено, що найвищі показники листкової поверхні сформували посіви сої у фазу цвітіння–налив бобів. Максимальну площу листя (39,0–40,0 тис.$м^2$/га) мали посіви з насінням, обробленим

штамами Х9, 30, 46. Інокуляція насіння штамами бактерій 626а, 634б, М8 та Д2 формувала дещо меншу (37,5–38,6 тис. м^2/га) площу листкової поверхні, але більшу порівняно з контролем на 13,3–16,6 %.

За результатами проведеної експериментальної роботи в умовах зони посушливого Степу України на базі дослідного господарства Інституту зрошуваного землеробства НААН встановлено, що при внесенні мінеральних добрив та інокуляції азотфіксуючими і фосформобілізуючими бактеріями площа листкової поверхні сої у фазі бутонізації у сорту Фаетон складала 18,77- 21,53 тис. м^2/га, у сорту Оксана – 18,22-21,24 тис. м^2/га, тоді як на контрольних ділянках лише 16,53 та 16,12 тис. м^2/га, відповідно. Така ж залежність була відмічена і в інші фази вегетації рослин. Під впливом зазначених прийомів вирощування приріст урожайності у середньому по обох сортах становив 17,7- 31,9 % відносно контрольного варіанту – 1,13 т/га [46].

У дослідженнях О.М. Григорьєва з співавторами [47] встановлено, що застосування мікробних препаратів у технології вирощування сої дало можливість істотно підвищити урожайність зерна – з 2,18 т/га (у варіантах без інокуляції) до 2,34–2,48 т/га за бактеризації насіння біопрепаратами як у рідкій препаративній формі, так і на торф'яній основі – урожайність зросла на 0,16–0,30 т/га/га (7,3 т/га (7,3–13,8%) ($НІР_{05}$ = 0,17 т/га).

За результатами проведених досліджень в умовах Миколаївської області відомо, що внаслідок інокуляції насіння препаратом Оптімайз урожай сої сорту Аполлон збільшувався на 0,18 т/га або 12,6 %, сорту Валюта – на 0,24 т/га або 15 % [48].

В умовах Лісостепу Правобережного передпосівна обробка сої Ризобофітом забезпечила додатковий приріст урожаю насіння на рівні 0,12–0,27 т/га або 7,8–10,8 % [49].

У повідомленнях Чернігівського Інституту сільськогосподарської мікробіології та АПВ НААН прибавка урожаю від проведення бактеризації досягала 1,21 т/га відносно контрольного варіанту – 1,81 т/га [21].

У польових дослідах Подільського державного аграрнотехнічного університету, приріст урожаю від інокуляції насіння Ризогуміном на неудобреному фоні у сорту Агат становив 0,24 т/га (9 %), у сорту Артеміда – 0,2 т/га (7 %) [50].

За даними ННЦ «Інститут землеробства НААН», завдяки інокуляції насіння препаратами на основі високоактивного штаму симбіотичних азотфіксуючих бактерій (*Bradyrhizobium Japonicum* 71Т) врожайність сої за сівби з шириною міжряддя 45 см зростала на 0,17 т/га, за ширини міжрядь 15 см – на 0,23 т/га [51].

Згідно результатів досліджень, проведених в Інституті кормів та сільського господарства Поділля НААН встановлено, що проведення бактеризації насіння сої навіть за умов надмірно посушливого 2015 р., сприяло формуванню додаткового приросту урожайності на 6,6–28,2 %. Найвища продуктивність була сформована на варіантах, де проводилась інокуляція насіння бактеріальними препаратами ХайКот Супер Соя + Екстендер (2,73 т/га) і ХіСтік Соя (2,52 т/га) [22].

Також встановлено, що у сприятливі за гідротермічними умовами роки інокуляція сої Ризоторфіном забезпечувала приріст урожаю насіння в межах 0,32–0,46 т/га, тоді як в менш сприятливі – лише 0,08–0,15 т/га. В цілому, прибавка від проведення бактеризації насіння сої становила 0,12–0,19 т/га, при урожайності її на контролі (без інокуляції) – 1,88 т/га [52].

За результатами п’ятирічних досліджень в умовах Лісостепу максимальну насіннєву продуктивність сої – на рівні 2,36–2,43 т/га забезпечували найбільш адаптивні штами бактеріальних препаратів: 634–Б, 71–Т, Х–2 та № 36. Приріст до ділянок контролю склав 10,3–13,6 % [53].

Виробничими дослідженнями встановлено, що на площах, де раніше сою ніколи не вирощували, урожай насіння сої становив 2,36 т/га з вмістом протеїну – 46,8 %, в той час як на полі, де від попередньої культури в ґрунті зберігались азотфіксуючі бактерії – 2,61 т/га та 50,3 %, відповідно [21].

Отже, з огляду на недостатнє забезпечення сільськогосподарського виробництва азотними мінеральними добривами та високою їх вартістю, залучення біологічного азоту є актуальним питанням та потребує ефективних заходів підвищення симбіотичної продуктивності бобових. Один зі шляхів активізації формування ефективного соєво-ризобіального симбіозу та збільшення збору зерна є інокуляція насіння культури. Бактеризація насіння дозволяє більш повно реалізувати генетичний потенціал сучасних її сортів та, відповідно, отримувати найвищі врожаї насіння високої якості з максимальним економічним ефектом.

РОЗДІЛ 2
УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ОСНОВНИХ ОБЛІКІВ І СПОСТЕРЕЖЕНЬ

2.1. Географічне місце проведення досліджень

Дослідження за тематикою кваліфікаційної роботи виконували в польових умовах НВВ Уманського НУС, яке розташоване в Маньківському природно-сільськогосподарському районі Середньо-Дніпровсько-Бузького округу Лісостепової Правобережної провінції України та в лабораторних умовах кафедри біології Уманського національного університету садівництва впродовж 2023 року.

Лісостепова зона займає близько 1/3 всієї території України, вона має високопродуктивні сільськогосподарські угіддя, високу розораність земель, значну лісистість та обмежену площу природних сіножатей і пасовищ. Основна частина Лісостепу (понад 75%) зайнята сільськогосподарськими угіддями, насамперед орними землями з дуже високою природною родючістю ґрунтів. Дослідне поле являє собою плато з тонкими схилами південно-східної та північно-західної експозиції.

2.2. Ґрунтові умови

Ґрунтовий покрив дослідного поля – чорнозем опідзолений важкосуглинковий на лесі. У ньому поєднано ознаки типових чорноземів і темно-сірих лісових ґрунтів, спостерігається диференціація профілю, яка характерна для сірих лісових ґрунтів, чітко виявляється елювіальний і ілювіальний горизонти, біляста крем’янкова присипка в гумусному горизонті, ущільнення і оглинення в середній частині профілю, глибока вилугуваність карбонатів. Грунти цієї різновидності займають біля 16% загальної площі Лісостепу України і поширені в правобережній його частині, характеризуються відносно однорідним гранулометричним і хімічним складом за профілем, вилугованістю його від легкорозчинних солей,

ілювіальним характером розподілу карбонатів, значним нагромадженням елементів живлення в гумусовому горизонті. Ці ґрунти відзначаються глибоким заляганням карбонатів та невисоким вмістом в орному шарі гумусу (3,20 – 3,31%). Ступінь насиченості ґрунту основами знаходиться в межах 89,8 – 92,5%, реакція розчину середньокисла (pH_{KCL} 5,5), гідролітична кислотність 1,93 – 2,26 мг. – екв./100 г грунту, вміст рухомих форм фосфору та калію (за методом Чирикова) – 120 – 132 мг/кг грунту, азоту лужногідролізованих сполук (за методом Корнфілда) – 103 мг/кг ґрунту. Властивості грунту та рельєф дослідного поля за своїми особливостями відповідають ґрунтовим різновидностям помірно- континентальної східноєвропейської частини [54].

2.4. Характеристику особливостей об'єкту дослідження

Медея (Medeia) – високоврожайний сорт сої з підвищеною якістю насіння, зернового напрямку. Детермінантного типу, кущ компактний, опушення стебла і бобів біле. Висота рослин 80–120 см, висота закладання бобів нижнього ярусу 10–14 см. Гіпокотиль з антоціаном, колір квіток фіолетовий. Насіння крупне (маса 1000 насінин 170–218 г), овальне, колір світло-жовтий із світло-коричневим рубчиком, придатне для харчових цілей. Апробаційна група – abtenaria. Сорт відноситься до ранньостиглих (вегетаційний період 90–100 днів). Повна стиглість настає в третій декаді серпня, може бути попередником для озимих культур. Рослини сорту мають високу польову стійкість до хвороб та полягання. В насінні міститься 38–40% протеїну і 23–24% жиру [55].

Ризоактив – мікробний препарат, містить азотфіксувальні бактерії – симбіонти бобових культур: *Rhizobium leguminosarum bv. pisum; Rhizobium meliloti; Rhizobium lupini; Rhizobium galegae; Rhizobium trifolii; Rhizobium leguminosarum bv. viceae; Rhizobium cicer; Rhizobium phaseoli; Rhizobium leguminosarum bv. Lens.* Титр життєздатних клітин мікроорганізмів – не менше $1 \cdot 10^{10}$ КУО/мл. Призначений для передпосівної обробки насіння

різних бобових культур, що забезпечує утворення симбіотичних зв'язків коренів рослини та бактерій для покращення азотного живлення за рахунок біологічної фіксації атмосферного азоту. Бульбочкові бактерії, що входять до складу препарату вступають в симбіоз з відповідними бобовими рослинами, здійснюючи процес фіксації молекулярного азоту, переводячи його у амонійну форму, доступну для рослин [Інокулянти Ризоактив (BioNorma) [56].

Нітрофікс – інокулянт, складається з живих клітин бактерій *Bradyrhizobium japonicum* та *Bradyrhizobium elkanii***.** Титр життєздатних клітин не менше $2{,}5 \cdot 10^9$ КУО/мл. Призначений для інокуляції насіння сої. Препарат застосовують шляхом передпосівної обробки насіння сої з метою забезпечення доступним для рослини азотом, здешевлення технології вирощування сої, підвищення урожайності, та накопичення азоту в ґрунті. Бульбочкові бактерії проникають у корінь рослини через кореневі волоски. Бактерії інтенсивно починають розмножуватися, що симулює швидкий поділ клітин рослини навколо біомаси бактерій, що призводить до виникнення бульбочок. У середині бульбочок бактерії швидко розмножуються, перетворюються на бактероїди, які інтенсивно фіксують азот з повітря. Рослина постачає бульбочковим бактеріям вуглеводи, натомість отримує амонійний азот, який бактеріальна культура утворює у процесі фіксації атмосферного азоту. Частина азоту у доступній для рослини формі залишається у ґрунті [57].

Легум Фікс – сучасний високоефективний інокулянт для обробки насіння сої та інших бобових культур (люпин, віка, люцерна, конюшина, нут) на стерильній торфовій основі містить бактерії *Bradyrhizobium japonicum* 532 С. Титр життєздатних клітин не менше $2 \cdot 10^9$ КУО/мл. Легум Фікс, Legume Fix – це спільна розробка канадських і англійських вчених. Даний продукт зареєстрований в Канаді, Чехії, Словаччині, Україні. Також використовується в Іспанії, Ірландії, Італії, Португалії [58].

Оптімайз – унікальний інокулянт для обробки насіння сої, який стимулює природні ростові процеси, пов'язані з азотфіксацією, та дає можливість рослинам отримати краще живлення та розвиток. Містить бактерії *Bradyrhizobium japonicum*. Титр життєздатних клітин не менше $5 \cdot 10^9$ КУО/мл + Ліпо-хітоолігосахарид $2x10^{-7}$%. Лінійка продуктів Оптімайз® з ЛХО-промоутер технологією дозволяє підвищити рівень споживання поживних речовин, які необхідні для природних процесів росту та продуктивності культури.

Інокулянт створено за сучасної запатентованої технології, на основі чистої культури бактерії *Bradyrhizobium japonicum*, з використанням компонентів формуляції, що подовжують термін виживання бактерій на насінні. Ліпо-хітоолігосахарид (ЛХО) – це унікальна молекула, яка в момент присутності, покращує живильні властивості рослин, сприяє продуктивному утворенню азотфіксуючих кореневих бульбочок, а також розвитку коріння і молодих пагонів. Формуляція препарату дозволяє досягати позитивного ефекту, незалежно від сорту та умов навколишнього середовища, а препарат зберігає ефективність протягом тривалого часу. Рідка препаративна форма надає можливість візуального контролю якості препарату та життєздатності бактерій [59].

2.5. Схема досліду

Польовий дослід закладався на дослідних ділянка кафедри біології УНУС у 2023 році, дослідні ділянки розміщували методом систематичних повторень (табл. 2.1, рис. 2.1).

Таблиця 2.1

Схема досліду

Сорт сої	Варіант досліду
Медея	Контроль (без препаратів, обробка насіння водою)

	Ризоактив – 2,0 л/т
	Нітрофікс – 2,0 л/т
	Легум Фікс – 250 г/т
	Оптімайз – 1,8 л/т

I повторність					II повторність					III повторність				
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5

Рис. 2.1. Схема розміщення дослідних ділянок

Агротехніка вирощування культури – загальноприйнята для регіону досліджень. Насіння культури до сівби обробляли бактеріальними суспензіями біологічних препаратів мікробного походження відповідно до схеми досліду (табл. 2.1.).

Загальна кількість ділянок у досліді – 15 (5 варіантів по 3 повторності). Загальна площа кожної дослідної ділянки складає 30 м^2, облікової – 10 м^2.

2.6. Методика проведення дослідження

Обліки та спостереження виконували відповідно наступних методик:

1. Загальну чисельність і масу бульбочок *Bradyrhizobium japonicum* досліджували за методикою, описаною В.В. Волкогоном та ін. [60].

2. Загальну чисельність основних таксономічних груп мікроорганізмів у ризосфері сої визначали шляхом висіву ґрунтової суспензії відповідних розведень на агаризоване середовище м’ясо-пептонний агар (МПА), нітрифікувальних бактерій – на елективних середовищах С. М. Виноградського, целюлозолітичних мікроорганізмів – на середовищі О. О. Імшенецького та Л. І. Солнцевої [60]. Кількість мікроорганізмів виражали в колонієутворюючих одиницях (КУО) або тис. клітин в 1 г абсолютно сухого ґрунту залежно від методики;

3. Чисельність бактерій роду *Azotobacter* визначали на безазотистому живильному середовищі Ешбі, підраховуючи оброслі колоніями грудочки ґрунту [60].

4. Чисельність бактерій *Clostridium pasteurianum* – на елективних середовищах С. М. Виноградського [60].

5. Листкову поверхню рослин сої визначали методом висічок [61].

6. Чисту продуктивність фотосинтезу визначали відповідно до формули:

$$ЧПФ = \frac{B_2 - B_1}{0{,}5 \times (Л_1 + Л_2) \times T},$$

де ЧПФ – чиста продуктивність фотосинтезу, г/м^2 за добу;

(B_2–B_1) – приріст маси сухої речовини за n днів, г;

0,5×($Л_1$ + $Л_2$) – середня робоча площа листкової поверхні за обліковий період, м^2;

n – період між двома спостереженнями, діб [61].

7. Урожайність культури – у відповідності до загальноприйнятих методик [61].
8. Економічну оцінку застосування мікробних препаратів у посівах сої визначали за технологічними картами, користуючись цінами 2023 року (дод. А3–А7).
9. Дисперсійний аналіз виконували за допомогою ПК, користуючись програмами Excel (дод. А8–А15).

РОЗДІЛ 3
РЕЗУЛЬТАТИВНА ЧАСТИНА

3.1. Формування симбіотичного апарату та загальної чисельності мікроорганізмів ризосфери сої

Одним із вагомих критеріїв оцінки ефективності дії мікробних препаратів на основі ризобій є формування на кореневій системі рослин кількості і маси бульбочок як показників, що певною мірою відображають інтенсивність фіксації молекулярного азоту.

Проаналізувавши отримані експериментальні дані, можна констатувати, що досліджувані мікробні препарати здійснювали позитивний вплив на формування нодуляційної активності. Формування симбіотичного апарату сої, а саме кількості бульбочок і їх маси залежало від виду препарату (Ризоактив, Нітрофікс, Легум Фікс та Оптімайз).

Слід відмітити, що у разі інокуляції насіння сої препаратом Ризоактив прослідковувалася тенденція до зростання кількості бульбочок порівняно з контрольним варіантом (спонтанна інокуляція) на 11 шт./рослину, тоді як їх маса – на 0,12 г./рослину (табл. 3.1).

Дещо ефективнішим у плані формування симбіотичного апарату виявилася інокуляція насіння сої препаратом Нітрофікс. У цьому варіанті досліду кількість бульбочок проти контрольного варіанту зростала на 15 шт./рослину а їх маса – на 0,24 г./рослину.

Найбільш розвинений симбіотичний апарат серед усіх варіантів дослід відмічено у разі використання препаратів Легум Фікс та Оптімайз. Тут кількість бульбочок перевищувала показники контрольного варіанту на 17 та 18 шт./рослину, а їх маса – на 0,30 та 0,35 г./рослину відповідно.

Мікроорганізми є невід'ємною функціональною складовою будь-якої екосистеми. У ризосфері сільськогосподарських культур складається специфічний мікробний ценоз, що базується на екологічній і трофічній

взаємодії. Позитивний вплив мікробних препаратів і регуляторів росту рослин на розвиток основних груп мікроорганізмів відмічено дослідженнями багатьох вчених [62, 63].

Таблиця 3.1. Формування симбіотичного апарату сої, інокульованої мікробіологічними препаратами, фаза цвітіння культури, 2023 р.

Варіант досліду	Кількість бульбочок, шт./рослину	Маса бульбочок, г/рослину
Без препаратів (контроль)	22	0,77
Ризоактив	33	0,89
Нітрофікс	37	1,01
Легум Фікс	39	1,07
Оптімайз	40	1,12

Із наукових джерел [64, 65] відомо, що МБП і РРР сприяють розвитку в ризосфері сільськогосподарських культур симбіотичної мікробіоти та активізують процеси розвитку рослин. Інтродукція агрономічно цінних штамів мікроорганізмів у ризосферу рослин запобігає розвитку фітопатогенних штамів, чим покращується фітосанітарний стан посівів.

Виконані дослідження показали, що інокуляція насіння Ризоактивом сприяла зростанню загальної чисельності мікроорганізмів у ризосфері сої в 1,3 рази (табл. 3.2).

За бактеризації насіння сої Нітрофіксом відмічено збільшення загального числа бактерій в 1,41 рази, тоді як міксоміцетів – в 1,49 рази. Більш активно наростала чисельність бактерій та міксоміцетів за інокуляції насіння сої мікробним препаратом Легум Фікс. У цьому варіанті досліду їх чисельність зросла порівняно з контролем у 1,59 та 1,81 рази.

Найбільш активно розвивалася ґрунтова мікробіота за бактеризації насіння Оптимайзом. Тут кількість бактерій та міксоміцетів перевищувала контрольний варіант у 1,92 рази.

Таблиця 3.2. Загальна чисельність мікроорганізмів у ризосфері рослин сої (тис. КУО в 1 г грунту), фаза цвітіння культури, 2023 р.

Варіант досліду	Бактерії	До контролю, %	Мікроміцети	До контролю, %
Без препаратів (контроль)	2080	100	195	100
Ризоактив	2696	130	253	130
Нітрофікс	2928	141	290	149
Легум Фікс	3306	159	353	181
Оптімайз	3993	192	375	192

Таким чином, передпосівна бактеризація насіння сої мікробними препаратами позитивно впливає на формування бобово-ризобіального комплексу, що відображається у збільшенні кількості та маси бульбочок на одну рослину. Найбільш ефективною є обробка насіння препаратом Оптімайз, де кількість бульбочок порівняно з контролем зросла на 18 шт./рослину, а їх маса – 0,35 г./рослину. Найбільша чисельність ризосферної мікробіоти ценозу сої також спостерігається у разі передпосівної інокуляції насіння культури мікробним препаратом Оптімайз, де чисельність мікробіоти та мікроміцетів перевищує показники контрольного варіанту у 1,92 рази.

3.2. Чисельність азотфіксувальних бактерій у ризосфері сої

Відомо, що серед всіх груп ґрунтової мікробіоти особливе місце посідають вільноживучі азотфіксувальні мікроорганізми, що зосереджені переважно в ризосферному шарі ґрунту. Активність процесу асиміляції молекулярного азоту змінюється залежно від ряду чинників, у тому числі й антропогенних, одним з яких виступає бактеризація насіння біопрепаратами.

Встановлено, що передпосівна бактеризація насіння сої мала позитивну дію на ріст і розвиток азотфіксувальних бактерій у ризосфері сої.

Так, за обробки насіння культури МБП Ризоактив встановлено, що відсоток оброслих колоніями грудочок ґрунту бактеріями роду *Azotobacter* зріс проти контролю на 7%, за використання Нітрофіксу – на 13%. Більш активний розвиток азотобактера зумовлювало застосування для обробки насіння препаратів Легум Фікс та Оптімайз. У цих варіантах досліду відмічено зростання оброслих колоніями грудочок ґрунту бактеріями роду *Azotobacter* порівняно з контролем на 20 та 25% відповідно (табл. 3.3).

Таблиця 3.3. Чисельність азотфіксувальних бактерій у ризосфері сої за обробки насіння мікробними препаратами, 2023 р.

Варіант досліду	*Azotobacter*, % оброслих колоніями грудочок ґрунту	*Clostridium pasteurianum*, тис. КУО/г ґрунту
Без препаратів (контроль)	72	5,71
Ризоактив	79	6,58
Нітрофікс	85	7,80
Легум Фікс	92	8,02
Оптімайз	97	8,56

Обробка насіння перед посівом мікробними препаратами мала позитивну дію й на збільшення у ризосфері сої чисельності *Clostridium pasteurianum.*

Так, зокрема, за обробки насіння Ризоактивом та Нітрофіксом відмічено зростання чисельності бактерій *Clostridium pasteurianum* проти контролю на 0,87 та 2,09 тис. КУО/г ґрунту відповідно. Ще більший ефект на покращення розвитку даного виду бактерій мало використання препарату Легум Фікс. У цьому варіанті досліду відмічено зростання кількості бактерій *Clostridium pasteurianum* порівняно з контролем на 2,31 тис. КУО/г ґрунту. За результатами досліджень, найбільш активний вплив на кількість бактерій *Clostridium pasteurianum,* як і на бактерії роду *Azotobacter*, мала передпосівна

обробка насіння сої мікробним препаратом Оптімайз. Тут чисельність даного виду мікроорганізмів зросла відносно контролю на 2,85 тис. КУО/г ґрунту.

Отже, вільноживучі азотфіксувальні бактерії роду *Azotobacter* та *Clostridium pasteurianum* позитивно реагують на застосування бактеріальних препаратів для обробки насіння перед сівбою. Зокрема, у разі використання МБП Оптімайз відмічено збільшення оброслих колоніями грудочок ґрунту бактеріями роду *Azotobacter* порівняно з контролем на 25%, а чисельність *Clostridium pasteurianum* зросла відносно контролю на 2,85 тис. КУО/г ґрунту.

3.3. Формування листкового апарату сої

Формування оптимальної площі листкової поверхні характеризує вплив елементів технології вирощування на формування врожаю. Встановлено, що кращі умови для отримання високих урожаїв створюються за формування більших площі листкової поверхні та тривалості вегетації і фотосинтетичного потенціалу [64].

Літературні дані свідчать [65–69] про можливість керування продукційним процесом багатьох сільськогосподарських культур за рахунок використання біологічних препаратів. Зокрема встановлено, що за дії МБП для обробка насіння сільськогосподарських культур, рослинами формується потужний фотосинтетичного апарат.

Визначення листкової поверхні рослин сої показало, що бактеризація насіння Ризоактивом сприяла наростання розмірів листкової поверхні порівняно з контрольним варіантом на 7,7% (рис. 3.1).

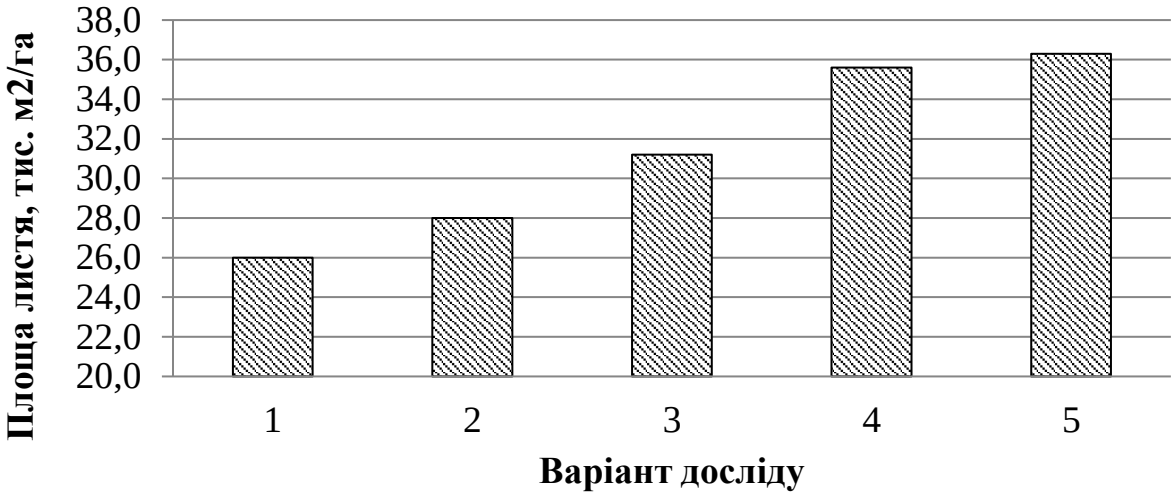


Рис. 1. Формування фотосинтетичної поверхні рослин сої, фаза цвітіння культури, 2023 р.

,0

Дещо кращу ефективність виявила інокуляція насіння сої Нітрофіксом. Тут листкова поверхня зросла порівняно з контролем на 20,0%.

Найбільші розміри листкової поверхні формувалися у разі обробки насіння Легум Фікс та Оптімайз. У цих варіантах досліду вона перевищувала показники контрольного варіанту відповідно на 36,9 та 39,6%.

Отже, передпосівної інокуляції сої мікробними препаратами має позитивну дію на формування листкової поверхні рослин сої, яка у дослідних варіантах перевищує показники контролю на 7,7–39,6% залежно від виду МБП. Очевидно, це зумовлено зростанням чисельності ризосферної мікробіоти та азотфіксувальних мікроорганізмів.

3.4. Чиста продуктивність фотосинтезу

Досить важливим показником фотосинтетичної діяльності в посівах є чиста продуктивність фотосинтезу (ЧПФ), що характеризує інтенсивність нагромадження сухої біомаси врожаю протягом доби в розрахунку на 1 м^2 листкової поверхні рослин.

Проведеними дослідженнями встановлено, що формування показників чистої продуктивності фотосинтезу рослин сої залежало від виду досліджуваних мікробних препаратів, проте їх застосування сприяло зростанню показника ЧПФ тою чи іншою мірою.

Так, передпосівна обробка насіння сої Ризоактивом забезпечила збільшення показника ЧПФ, порівняно з контролем, на 9%. Застосування МБП Нітрофікс забезпечило збільшення даного показника вже на 12% (табл. 3.3).

Таблиця 3.3. Чиста продуктивність фотосинтезу посівів сої за обробки насіння мікробними препаратами (фаза цвітіння), 2023 р.

Варіант досліду	ЧПФ, г/м^2 за добу	До контролю, %
Без препаратів (контроль)	4,55	100
Ризоактив	4,98	109
Нітрофікс	5,11	112
Легум Фікс	5,22	115
Оптімайз	5,52	121

Бактеризація насіння сої препаратами мікробіологічного походження Легум Фікс та Оптімайз забезпечило найбільші прирости показника ЧПФ. У цих варіантах досліду чиста продуктивність фотосинтезу перевищувала дані контрольного варіанту на 15 та 21% відповідно.

3.5. Урожайність зерна сої

Головним показником, що свідчить про застосування того чи іншого агрозаходу, є врожайність вирощуваної культури.

Аналіз отриманих експериментальних даних засвідчує, що передпосівна бактеризація насіння сої забезпечує отримання прибавки врожаю, розмір якої залежав від виду досліджуваного препарату.

Так, за рахунок активізації бобово-ризобіального комплексу, зростання чисельності азотфіксуючих бактерій та збільшення показника ЧПФ при застосуванні мікробних препаратів було отримано такі прирости врожайності порівняно з контрольним варіантом: при застосуванні Ризоактиву – 10%, Нітрофіксу – 15%, Легум Фіксу – 19%. Найбільшу прибавку врожаю, як встановлено аналізом отриманих даних, забезпечила бактеризація насіння мікробним препаратом Оптімайз. Тут приріст врожаю, порівнюючи з контролем, становив 22% (табл. 3.4).

Таблиця 3.4. Зернова продуктивність сої за обробки насіння мікробними препаратами, 2023 р.

Варіант досліду	Врожайність, т/га	До контролю, %
Без препаратів (контроль)	1,89	100
Ризоактив	2,01	110
Нітрофікс	2,17	115
Легум Фікс	2,25	119
Оптімайз	2,55	122
HIP_{05}	*0,19*	

Таким чином, передпосівна обробка насіння мікробними препаратами сприяє зростанню зернової продуктивності посівів сої. Зокрема, за використання препарату Оптімайз прибавка врожаю складає 22%.

РОЗДІЛ 4
ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОЩУВАННЯ СОЇ ЗА БАКТЕРИЗАЦІЇ НАСІННЯ МІКРОБНИМИ ПРЕПАРАТАМИ

За ринкових умов ведення господарювання важливого значення набуває отримання високої прибутковості при оптимальних витратах на виробництво сільськогосподарської продукції. У вирішенні цієї проблеми суттєве значення мають технологічні елементи вирощування польових культур. Останнім часом у технологічному процесі вирощування культурних рослин значну увагу зосереджують на використанні біологічних препаратів різного походження, у тому числі й мікробіологічного, з метою підвищення економічної ефективності і зменшення собівартості продукції.

У результаті виконаного аналізу отриманих показників економічної ефективності можна стверджувати, що передпосівна інокуляція насіння сої мікробними препаратами сприяє зростанню рівня економічної ефективності вирощування сої (табл. 4.1).

Зокрема, у варіанті досліду із обробкою насіння перед сівбою Ризоактивом було отримано умовно-чистого прибутку у розмірі 4850,2 грн/га за рівня рентабельності у 22,8% і окупності додаткових витрат у 1,1 рази. За бактеризації насіння Нітрофіксом було отримано дещо вищі показники економічної ефективності, зокрема умовно-чистий прибуток зріс до рівня 6224,6 грн/га, рівень рентабельності складав 30,1% за окупності додаткових витрат у 2,0 рази. Застосування мікробного препарату Легум Фікс забезпечило надходження умовно-чистого прибутку у розмірі 7987,4 грн/га,, рівень рентабельності зріс до 37,6% а окупність додаткових витрат складала 3,3 рази.

Серед усіх варіантів досліду найвищу економічну ефективність забезпечило застосування для інокуляції насіння перед сівбою препарату Оптімайз, де умовно-чистий прибуток сягнув рівня 11206,5 грн/га за рівня

Таблиця 4.1. Економічна ефективність вирощування сої за передпосівної бактеризації насіння мікробними препаратами, 2023 р.

Варіант досліду	Урожайність, т/га	Прибавка врожаю, т/га	Загальні витрати на вирощування культури, грн./га	В т.ч. додаткові, грн./га	Вартість продукції за ціною реалізації, грн./га	В т.ч. додаткової, грн./га	Умовно-чистий прибуток з 1 га, грн	Собівартість 1 т продукції, грн.	Рівень рентабельності, %	Окупність додатко-вих витрат , рази.
Без препаратів (контроль)	1,89	0	19844,6	0,0	24570	0	4725,4	10499,8	23,8	0,0
Ризоактив	2,01	0,12	21279,8	1435,2	26130	1560	4850,2	10587,0	22,8	1,1
Нітрофікс	2,17	0,28	21685,4	1840,8	28210	3640	6524,6	9993,3	30,1	2,0
Легум Фікс	2,25	0,36	21262,6	1418,0	29250	4680	7987,4	9450,0	37,6	3,3
Оптімайз	2,55	0,66	21943,5	2098,9	33150	8580	11206,5	8605,3	51,1	4,1

рентабельності у 51,1%. Окупність додаткових витрат зростала до 4,1 рази. Також цей варіант досліду забезпечив найнижчий рівень собівартості продукції – 8605,3 грн/т.

Отже, з точки зору економічної доцільності найбільш ефективним є інокуляція насіння препаратом Оптімайз, де умовно-чистий прибуток складає 11206,5 грн/га за рівня рентабельності у 51,1%. Окупність додаткових витрат зростає до 4,1 рази. Також цей варіант досліду забезпечує найнижчий рівень собівартості продукції – 8605,3 грн/т

ВИСНОВКИ

1. Передпосівна бактеризація насіння сої мікробними препаратами позитивно впливає на формування бобово-ризобіального комплексу, що відображається у збільшенні кількості та маси бульбочок на одну рослину. Найбільш ефективною є обробка насіння препаратом Оптімайз, де кількість бульбочок порівняно з контролем зросла на 18 шт./рослину, а їх маса – 0,35 г./рослину.
2. Найбільш активний розвиток ризосферної мікробіоти ценозу сої спостерігається у разі передпосівної інокуляції насіння культури мікробним препаратом Оптімайз, де чисельність мікробіоти та мікроміцетів перевищує показники контрольного варіанту у 1,92 рази.
3. Встановлено, що вільноживучі азотфіксувальні бактерії роду *Azotobacter* та *Clostridium pasteurianum* позитивно реагують на застосування бактеріальних препаратів для обробки насіння перед сівбою. Зокрема, у разі використання МБП Оптімайз відмічено збільшення оброслих колоніями грудочок ґрунту бактеріями роду *Azotobacter* порівняно з контролем на 25%, а чисельність *Clostridium pasteurianum* зросла відносно контролю на 2,85 тис. КУО/г ґрунту.
4. Зростання чисельності ризосферної мікробіоти за передпосівної інокуляції сої мікробними препаратами має позитивну дію на формування листкової поверхні рослин сої, яка у дослідних варіантах перевищує показники контролю на 7,7–39,6% залежно від виду МБП.
5. За обробки насіння препаратом Оптімайз зростають показники фотосинтетичної та зернової продуктивності посівів сої на 21 і 22% відповідно.
6. З точки зору економічної доцільності найбільш ефективним є інокуляція насіння препаратом Оптімайз, де умовно-чистий прибуток складає 11206,5 грн/га за рівня рентабельності у 51,1%. Окупність додаткових

витрат зростає до 4,1 рази. Також цей варіант досліду забезпечує найнижчий рівень собівартості продукції – 8605,3 грн/т

ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

На основі результатів проведених досліджень виробництву рекомендується з метою активізації основних мікробіологічних процесів у ґрунті та фізіологічних – у рослинах сої, що сприяє зростанню урожайності культури та формуванню високих показників економічної ефективності, проводити передпосівну бактеризацію насіння мікробіологічним препаратом Оптімайз у нормі 1,8 л/га.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Дідович С. В., Кулініч Р. О. Поліфункціональні біопрепарати в агротехнологіях вирощування сої, нуту, гороху, чини і сочевиці: *тези доп. VII міжнар. наук. конф*. (м. Вінниця, 24 – 25 вер. 2013 р.). Вінниця, 2013. С. 36.
2. Волкогон В. В., Штанько Н. Т., Сальник В. П. Ефективність нового біологічного препарату ризогумін для сої. *Селекція і насінництво*. 2005. № 90. С. 254–260.
3. Оліфірович В. О. Вплив біопрепаратів на урожайність рослин сої в умовах південної частини Лісостепу західного. *Корми і кормовиробництво*. 2016. Вип. 82. С. 138–140.
4. Петриченко В.Ф., Лихочвор В.В. Рослинництво. Технології вирощування сільськогосподарських культур. Львів: НВФ «Українські технології», 2014. 1040 с.
5. Невичерпне джерело рослинних білків – соя. [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://agroconf.org/content/nevicherpne-dzherelo-roslinnih-bilkiv-soya
6. Як змінилися посіви на українських полях за 10 років? [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://agroportal.ua/ua/publishing/infografika/kak-izmenilis-posevyna-ukrainskikh-polyakh-za-10-let/
7. Крутякова В. І., Гулич О. І., Пилипенко Л. А. Біологічний метод захисту сільськогосподарських культур: перспективи для України. *Вісник аграрної науки*. 2018. №11. С. 159–168.
8. Dunham W.C. Evolution & Future of Biokontrol Basel, 2015. [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://dunhamtrimmer.com/wp-content/uploads/2015/11/Bill- Dunham2BMonthly- Evolution- Future-of-Biokontrol-Industiy-copy.pdf
9. Цілі сталого розвитку: Україна. Національна доповідь. Міністерство економічного розвитку і торгівлі України. Київ, 2017. 176 с.

10. Петриченко В. Ф., Лихочвор В. В., Іванюк С. В. Соя. Вінниця: «Діло», 2016. 400 с.
11. Шепілова Т. П. Вплив біопрепаратів на продуктивність сої у Північному Степу України. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва*. 2019. Вип. 94. Ч. 1. С. 255–264.
12. Шевніков М. Я. Ефективність застосування біопрепаратів та мінеральних добрив при вирощуванні сої в умовах нестійкого зволоження Лісостепу України. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. № 2. 2011. С. 14–12.
13. Задорожний В. С., Карасевич В. В., Свитко С. М., Лабунець А. В., Князюк О. В. Ефективність біологічних препаратів на посівах сої. *Корми і кормовиробництво. Міжвідомчий тематичний науковий збірник*.- Вінниця «Видавництво–друкарня Діло». Вип 87. 2019. С.70–78.
14. Патика В. П. Біологічний азот: монографія. Київ: Світ, 2003. 424 с.
15. Петриченко В. Ф., Кобак С. Я., Чорна В. М., Колісник С. І., Лихочвор В. В., Пида С. В. Формування азотфіксувального потенціалу та продуктивності сортів сої селекції Інституту кормів та сільського господарства Поділля НААН. *Мікробіологічний журнал*. Київ, 2018. Т. 80. № 5. С. 63–75.
16. Нагорний В. І., Романько Ю. О. Агротехнічне значення та роль сої в екологізації сільськогосподарського виробництва. *Вісник Сумського НАУ*. 2009. Вип. 18. С. 79–83.
17. Бондаренко М. П., Собко М.Г., Романько Ю.О. Оптимізація структури посівних площ та використання короткоротаційних сівозмін: науково-практичні рекомендації. Сумський інститут АПВ УААН. Суми. 2010. 26 с.
18. Клименко І. В. Вплив регуляторів росту рослин, мінеральних добрив на врожайність сої залежно від сортів та краплинного зрошення. Автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук: спец. 06.01.09 «Рослинництво». Харків. 2016. 20 с.

19. Клименко І.В. Продуктивність сої залежно від застосування природних регуляторів росту у Східному Лісостепу України. *Матеріали XIII з'їзду українського ботанічного товариства*. Львів. 2011.С. 226–228.
20. Бабич А. О., Венедіктов О. М. Моделі технологій вирощування сої, її економічна ефективність та конкурентоспроможність. *Корми і кормовиробництво*. Вінниця. 2006. Вип. 56. С. 22–29.
21. Надкернична О. В., Ковалевська Т. М., Козар С. Ф. Особливості впливу деяких азотфіксуючих бактерій на розвиток рослин сої. *Корми і кормовиробництво*. Вип. 27. 2001. С. 112–114.
22. Петриченко В. Ф., Лихочвор В. В., Колісник С. І., Воронецька І. С. Кобак С. Я. Обґрунтування інтенсифікації виробництва зернобобових культур в Україні. *Web of Scholar*. Warsaw, 2018. № 6(24). С. 22–29.
23. Patyka V. P., Pasechnik L. A., Zhytkevych N. V., Gnatyuk T. T., Gulyaev G. B., Krut V. V., Zubachov S. R., Halimonik P. M., Shevchenko S. A., Zhadan V. P., Alekseev O. O. Gel preparation risofobite for pre-sowing inoculation of soybean seeds. Guidelines. Kyiv: Print Kvik. 2017. 16 c.
24. Петриченко В. Ф., Коць С. Я. Симбіотичні системи у сучасному сільськогосподарському виробництві. *Вісник НАН України*. 2014. № 3. С. 57–66.
25. Крутило Д. В. Бульбочкові бактерії – гетеротрофний та симбіотрофний способи життя. Сільськогосподарська мікробіологія. Чернігів, Вип. 7. 2008. С.147–161.
26. Hunt S., Layzell D. Gas exchange of legume nodules and the regulation of nitrogenasa activity. *Plant Phisiol*. 1993. Vol. 44, P. 483–511.
27. Патика В. П., Гнатюк Т. Т., Булеца Н. М., Кириленко Л. В. Біологічний азот у системі землеробства. Землеробство. Київ. 2015. Вип. 2. С. 12–20.
28. Коць С. Я., Патика В. П. Біологічна фіксація азоту та її значення в азотному живленні рослин. Фізіологія рослин: проблеми та перспективи розвитку. Київ: Логос. 2009. Т. 1. С. 344–386.

29. Волкогон В. В. Мікробіологічні аспекти оптимізації азотного удобрення сільськогосподарських культур. Київ: Аграрна наука. 2007. 144 с.
30. Огурцов Є. М. Соя у Східному Лісостепу України. Харків : ХНАУ ім. В. В. Докучаєва. 2008. 270 с.
31. Кошевський І. І., Житкевич Н. В., Митько В. С. Епіфітна мікрофлора сої в умовах Лісостепу України. *Науковий вісник Ужгородського національного унверситету*. 2001. № 9. С. 114–115.
32. Токмакова Л. М., Пищур І. М., Канівець В. І., Скорик В. В. Застосування мікробних препаратів і протруйників у землеробстві. *Вісник аграрної науки*. 2012. № 7. С. 21–23.
33. Мікробні препарати в сучасних аграрних технологіях / За ред. В. В. Волкогона. К. 2015. 248 с.
34. Дерев'янський В. П., Томич М. В. Вивчення ефективності різних добрив і способів внесення ризоторфіну на посівах сої: тези доп. наук. конф. проф.-викл. складу. м. Кам'янець-Подільський. 1993. С. 60–61.,
35. Сюмка А. Препарати інокулянтів для сучасних аграрних технологій. *Пропозиція*. 2015. № 1. С. 71.
36. Бахмат М. І., Бахмат О. М. Формування сортової врожайності сої в умовах Лісостепу Західного. *Корми і кормовиробництво*. 2012. Вип. 73. С. 138–144.
37. Волкогон В. В., Комок М. С. Ефективність симбіозу бульбочкових бактерій з рослинами сої. *Бюлетень Інституту зернового господарства НААН*. 2010. № 39. С. 89–93.,
38. Кобак С. Я. Якісна інокуляція – перший крок до високого врожаю. *Агрономія сьогодні*. 2016. № 1–2. С. 53–55.
39. Бабич А. О., Рудик О. В. Вплив інокуляції на урожайність сортів сої. *Корми і кормовиробництво*. 2015. Вип. 81. С. 3–7.
40. Дерев´янський В. П., Ковальчук Н. В., Паюк Н. О., Рудюк Т. Д. Вплив сидеральних добрив, інокуляції насіння та обприскування посівів на

продуктивність сортів сої. *Корми і кормовиробництво*. 2013. Вип. 77. С. 159– 166.

41. Камінський В. Ф. Вплив інокулювання насіння на продуктивність сої у Північному Лісостепу України. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2006. № 4. С. 84–92.
42. Іутинська Г. О. Шляхи регулювання функцій мікробних угруповань ґрунту в аспекті біологізації землеробства і стійкого розвитку агроекосистем. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2006. № 3. С. 7–18.
43. Шепілова Т. П. Вплив біопрепаратів на продуктивність сої у Північному Степу України. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва*. 2019. Вип. 94. Ч. 1. С. 255–264.
44. Шепілова Т. П. Вплив регуляторів росту та біопрепаратів на продуктивність сої в Степу України. *Матеріали наукової конференції «Сучасний стан науки в сільському господарстві та природокористуванні: теорія і практика»*. [м. Тернопіль, 20 листоп. 2019 р.]. Тернопіль: ТНЕУ. 2019. С. 232–235.
45. Крамарьов С. М., Артеменко С. Ф. Вплив інокуляції насіння сої бактеріальними препаратами на продуктивність її агроценозів в умовах північної частини степової зони України. *Вісник Дніпропетровського аграрно-економічного університету*. 2016. №4 (42). С. 72–75.
46. Назарчук А. А. Фотосинтетичний потенціал сої залежно від інокуляції насіння, фону живлення та сорту в умовах степу України. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. Миколаїв. 2015. Вип. 1. С. 144–151.
47. Григор'єва О. М., Дімова С. Б., Алмаєва Т. М. Ефективність біопрепаратів у технології вирощування сої на чорноземі звичайному важкосуглинковому Правобережного Степу України. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2019. Вип. 29. С. 46–55.
48. Дробітько А. В., Дробітько О. М., Данілов І. В. Вплив інокулянтів Intex і Оптімайз на врожайність та якість сортів сої в умовах північного Степу.

Наукові праці Чорноморського держ. ун-ту ім. Петра Могили комплексу «КиєвоМогилянська академія». Екологія. 2015. № 244. Т. 256. С. 42–45.

49. Молдован В. Г., Молдован Ж. А., Собчук С. І. Формування врожаю сої залежно від технологічних елементів вирощування в умовах Правобережного Лісостепу України. *Вісник Житомирського національного агроекологічного університету*. 2015. № 2 (50). Т. 1. С. 279–285.
50. Чинчик О. С. Вплив ризогуміну на продуктивність сої в умовах Лісостепу західного. *Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету*. 2012. Вип. 10 (50). С. 24–29.
51. Мосьондз Н. П. Формування продуктивності сої залежно від технологічних заходів вирощування в умовах північної частини Лісостепу. *Землеробство*. Київ. 2014. Вип. 1–2. С. 74–77.
52. Бабич А. О., Колісник С. І., Кобак С. Я., Венедіктов О. М., Сереветник О. В., Лохова В. І. Вплив способу передпосівної обробки насіння на урожайність сортів сої різних груп стиглості. *Корми і кормовиробництво*. 2011. Вип. 68. С. 48–52.
53. Бабич А. О., Колісник С. І., Кобак С. Я. Теоретичне обґрунтування та шляхи оптимізації сортової технології вирощування сої в умовах Лісостепу України. *Корми і кормовиробництво*. 2011. Вип. 69. С. 113–121.
54. Господаренко Г. М., Прокопчук І. В., Кривда Ю. І., Нікітіна О. В. Агрохімічні показники якості чорнозему опідзоленого після тривалого (49 років) застосування добрив у польовій сівозміні. *Збірник наукових праць «Охорона ґрунтів»*. 2014. № 1. С. 135–139.
55. Сорт Медея. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://agrarii-razom.com.ua/culture-variety/medeya
56. Електронний ресурс]. Режим доступу: https://superagronom.com/pesticidi-regulyatori-rostu/rizoaktiv-id9571

57. Інокулянт Нітрофікс® (LS) Biona™. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://www.biona.biz/shop/nitrofix-ls/
58. Інокулянт Легум Фікс (Legume Fix). [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://agroantal.com.ua/product/legume-fix-29373
59. Оптімайз® 400. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://www.cropscience.bayer.ua/Products/Seed-Treatment/Optimaiz-400
60. Волкогон В. В., Надкернична О. В., Токмакова Л. М. та ін. Експериментальна ґрунтова мікробіологія. За редакцією В. В. Волкогона. К: Аграрна наука. 2010. 464 с.
61. Грицаєнко З. М., Грицаєнко А. О., Карпенко В. П. Методи біологічних та агрохімічних досліджень рослин і ґрунтів. К.: ЗАТ «Нічлава». 2003. 320 с.
62. Карпенко В. П., Шутко С. С. Чисельність мікробіоти ризосфери соризу за використання гербіциду й регулятора росту рослин. *Таврійський науковий вісник*. Херсон. 2018. № 102. С. 46–52.
63. Даценко А. А. Мікробіологічна активність ризосфери гречки за дії бактеріального препарату Меланоріз і регулятора росту рослин Агролайт. *Збірник наукових праць Уманського НУС*. 2014. Вип. 86. С. 215–220.
64. Патика В. П., Мельничук Т. М. Мікробні біотехнології ризосфери овочевих культур. *Імунологія та алергологія: наука і практика*. Київ. 2014. № 1. С. 20–21.
65. Патика В. П., Кириленко Л. В., Алєксєєв О. О. [та ін.]. Вплив біопрепаратів, фітопатогенних мікроорганізмів на мікробіом ґрунту ризосфери і ефективність функціонування симбіотичної системи бульбочкові бактерії – соя, козлятник. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: Біологія*. 2017. № 1. С. 123–132.
66. Шерстобоєва О. В. Вплив інтродукції агрономічно корисних штамів мікроорганізмів на мікробне угрупування ризосфери рослин. *Мікробіологічний журнал*. Київ. 2003. Т. 65. № 6. С. 43–48.

67. Грицаєнко З. М., Даценко А. А. Формування площі листкового апарату рослин гречки за дії біологічних препаратів. *Таврійський науковий вісник*. 2014. Вип. 88. С. 69–73.
68. Карпенко В. П., Даценко А. А., Притуляк Р. М. та ін. Біологізована технологія вирощування гречки: монографія; за ред. В. П. Карпенка. Умань: Видавець «Сочінський М. М.». 2020. 132 с.
69. Карпенко В. П., Грицаєнко З. М., Притуляк Р. М. [та ін.]. Біологізована технологія вирощування озимих зернових культур (пшениця, тритикале, ячмінь): рекомендації виробництву; за ред. В. П. Карпенка. Умань: Видавничо-поліграфічний центр «Візаві». 2016. 24 с.

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А1

ОДНОФАКТОРНИЙ ДИСПЕРСІЙНИЙ АНАЛІЗ

Урожайність зерна сої, т/га, 2023 р.
Варіантів 5, Повторностей 3
Вихідні дані

Варіант	Середнє	Повторності		
1	1.89	1.84	1.98	1.85
2	2.01	1.95	2.14	1.94
3	2.17	2.28	2.21	2.02
4	2.25	2.26	2.23	2.26
5	2.55	2.71	2.58	2.36

Середнє по досліду - 2.17

Таблиця дисперсій

Дисперсія	Сума квадратів	Степені свободи	Середній квадрат	F
Загальна	0.20	17		
Повторностей	0.03	2		
Варіантів	0.13	3	0.02	2.50
Залишку	0.10	0.02		

Похибка середньої = 0.41 Похибка різниці середніх = 0.15
НІР = 0.19 або 5.78%
Сила впливу фактора = 0.71
Точність досліду = 5.22% Варіація даних = 9.11%