

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**Факультет агротехнологій та природокористування**  
**Кафедра екології та ботаніки**

До захисту  
допускається

Завідувач кафедри  
екології та ботаніки

---

Скляр В. Г.

# **КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

за першим рівнем вищої освіти

на тему:

**ВПЛИВ ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ НА ЕКОЛОГО-ТРОФІЧНУ  
СТРУКТУРУ РИЗОСФЕРНОЇ МІКРОБІОТИ СОЇ**

Виконала: студентка

групи ЕКО 2001-1 спеціальності

101 «Екологія»

Кашенецька Аліна Юріївна

Науковий керівник: Жатова Г.О.

**СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**Факультет *агротехнологій та природокористування*Кафедра *екології та ботаніки*

Освітній ступінь – «Бакалавр»

Спеціальність – 101 «Екологія»

**«ЗАТВЕРДЖУЮ»**

Зав. кафедрою \_\_\_\_\_ Скляр В. Г.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**ЗАВДАННЯ****на кваліфікаційну роботу студентів**

Кашенецькій Аліні Юріївні

**1. Тема роботи: «ВПЛИВ ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ НА ЕКОЛОГО-ТРОФІЧНУ СТРУКТУРУ РИЗОСФЕРНОЇ МІКРОБІОТИ СОЇ»**

Затверджено наказом по університету від « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ р. № \_\_\_\_\_


2. Термін здачі студентом закінченої роботи на кафедрі: 17.05.2024

3. Вихідні дані до роботи: літературні джерела, інтернет-джерела.

4. Перелік завдань, які будуть виконуватися в роботі:

- дослідити процеси росту й розвитку рослин сої залежно від попередника;
- визначити особливості мікробіоти ризосфери сої
- вивчити вплив технології вирощування сої на еколого-трофічну структуру ризосферної мікробіоти.
- встановити вплив інокуляції насіння сої на урожайність

Керівник кваліфікаційної роботи \_\_\_\_\_ ( Жатова Г. О.)

Завдання прийняв до виконання  (Кашенецька А. Ю.)

Дата отримання завдання «1 » вересня 2022 р.

## АНОТАЦІЯ

**Кашенецька А. Ю. Вплив елементів технології на еколого-трофічну структуру ризосферної мікробіоти сої. Кваліфікаційна робота. Освітній ступінь – «Бакалавр». Спеціальність 101 «Екологія». Сумський національний аграрний університет, Суми, 2024.**

Досліджено вплив елементів технології вирощування на еколого-трофічну структуру ризосферної мікробіоти сої та формування врожайності. З'ясовано, що попередник кукурудзи сприяє збільшенню чисельності бактерій, тоді як соняшник – мікроміцетів. Соя вирощена після кукурудзи створює сприятливіші умови для розвитку мікробіоти порівняно з соняшником. Інокуляція насіння біологічним препаратом сприяє збільшенню нодулярного апарату рослин та зростанню врожайності. Максимальна врожайність досягається при вирощуванні сої після кукурудзи та за умови інокуляції насіння біологічним препаратом. Рекомендації включають використання сівби насінням, інокуляцію насіння бактеріальним препаратом та висів сої після кукурудзи в сівозміні.

**Ключові слова:** соя, ризосфера, мікробіом, інокуляція, симбіотична активність, врожайність, технології вирощування, біологічна азотфіксація.

## **ABSTRACT**

**Influence of technology elements on the ecological and trophic structure of soybean rhizosphere microbiota. Qualification work. Educational degree - "Bachelor". Speciality 101 "Ecology". Sumy National Agrarian University, Sumy, 2024.**

**The influence of elements of cultivation technology on the ecological and trophic structure of soybean rhizosphere microbiota and yield formation was investigated. It was found that the maize precursor increases the number of bacteria, while sunflower increases the number of micromycetes. Soybeans grown after corn create more favourable conditions for the development of microbiota compared to sunflower. Inoculation of seeds with a biological product helps to increase the nodulation apparatus of plants and increase yields. Maximum yields are achieved when soybeans are grown after corn and when seeds are inoculated with a biological preparation. The recommendations include the use of seed sowing, seed inoculation with a bacterial preparation and sowing soybeans after corn in a crop rotation. Key words: soybean, rhizosphere, microbiome, inoculation, symbiotic activity, yield, cultivation technologies, biological nitrogen fixation.**

## ЗМІСТ

|             |   |
|-------------|---|
| ВСТУП ..... | 6 |
|-------------|---|

Н

У

|   |   |
|---|---|
| 1.1 Сучасні погляди на взаємодію рослин та мікроорганізмів ризосфери..... | 9 |
|---|---|

|  |    |
|--|----|
| 1.2 Особливості ризосфери сої та її залежність від генотипів ..... | 13 |
|--|----|

|  |    |
|--|----|
| 1.3 Штучна інокуляція мікроорганізмів в ризосферу та її роль в агроекосистемах ..... | 17 |
|--|----|

|                                      |    |
|--------------------------------------|----|
| 2.2. Ґрунтово-кліматичні умови ..... | 28 |
|--------------------------------------|----|

К

Н

У

|   |    |
|---|----|
| 4.1. Вплив попередника на особливості мікроценозу ризосфери сої ..... | 37 |
|---|----|

|   |    |
|---|----|
| 4.2. Вплив інокуляції на особливості мікроценозу ризосфери сої..... | 43 |
|---|----|

|   |    |
|---|----|
| 4.3. Урожайність сої залежно від попередника та інокуляції..... | 46 |
|---|----|

|               |    |
|---------------|----|
| ВИСНОВКИ..... | 48 |
|---------------|----|

|                                 |    |
|---------------------------------|----|
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ..... | 50 |
|---------------------------------|----|

|              |    |
|--------------|----|
| ДОДАТКИ..... | 57 |
|--------------|----|

k

b

b

4

4

8

3

7

8

1

6

9

4

4

4

Д

8

3

5

"

## ВСТУП

**Актуальність дослідження** впливу елементів технології на еколого-трофічну структуру ризосферної мікробіоти сої надзвичайно важлива у контексті сучасних викликів, пов'язаних з аграрною продукцією та екологією.

Соя, як одна з ключових культурних рослин агроценозів, відіграє важливу роль у світовому виробництві продовольства та сировини для промисловості. Проте, використання сучасних агротехнологій, таких як внесення мінеральних добрив, пестицидів та генетично модифікованих організмів, може суттєво змінювати мікробіоту ризосфери, що має потенційно важливі наслідки для імунітету рослин та їх продуктивності.

Дослідження еколого-трофічної структури ризосферної мікробіоти сої дозволить краще зрозуміти взаємодію між рослиною та її мікробним оточенням в умовах сучасного сільськогосподарського виробництва.

Відомо, що мікроорганізми в ризосфері виконують ряд важливих функцій, включаючи фіксацію азоту, мінералізацію ґрунтових органічних речовин та біологічну боротьбу з патогенними мікроорганізмами і створюють сприятливе середовище для росту та розвитку рослин.

Отримані дані можуть бути використані на практиці для створення науково обґрунтованих підходів до управління агроекосистемами, основною метою яких є підтримання родючості ґрунтового покриву та скорочення обсягів застосування синтетичних агрохімічних препаратів. Крім того, вони можуть сприяти розвитку нових напрямків біотехнологій, спрямованих на покращення стану рослинного організму та продуктивності культурних рослин.

Зокрема, дослідження впливу елементів технології на ризосферну мікробіоту сої може включати аналіз змін у складі та функціональній активності мікробних угруповань під впливом різних агротехнічних практик. Також важливим аспектом є оцінка впливу змін у ризосферній мікробіоті на імунітет рослин та їхню врожайність, а також на збереження біорізноманіття ґрунтової мікробіоти.

У вирішенні цих питань можуть бути використані різноманітні методи дослідження, включаючи молекулярні техніки, біоінформатику, метагеноміку та метагенетику. Застосування цих підходів дозволить отримати детальні дані про склад та функціональність мікробних спільнот, що мешкають у ризосфері сої, та їх відповідь на різні технологічні впливи.

Отже, дослідження впливу елементів технології на еколого-трофічну структуру ризосферної мікробіоти сої має велике значення для розвитку стійких та екологічно безпечних систем вирощування цієї важливої культурної рослини.

**Мета і завдання досліджень** Мета досліджень - проаналізувати вплив елементів технології на еколого-трофічну структуру ризосферної мікробіоти сої в умовах Лісостепу України.

Для реалізації цієї мети було заплановано виконання таких завдань:

- дослідити процеси росту й розвитку рослин сої залежно від попередника;
- визначити особливості мікробіоти ризосфери сої
- вивчити вплив технології вирощування сої на еколого-трофічну структуру ризосферної мікробіоти.
- встановити вплив інокуляції насіння сої на урожайність;

**Об'єкт досліджень:** процес формування врожайності сої залежно від попередника та інокуляції

**Предмет досліджень:** соя, препарат Регоплант, ризосферна мікробіота.

**Методи дослідження:** методи синтезу та аналізу інформації, дедуктивний та індуктивний методика, співставлення та порівняння, метод постановки експерименту.

**Наукова новизна роботи:** дослідження зосереджене не лише на складі мікробної спільноти, але й на її функціональній активності. Це дозволить зрозуміти, як зміни в ризосферній мікробіоті впливають на функціонування агроєкосистеми та продуктивність рослин та з'ясувати оптимальні стратегії вирощування сої з урахуванням екологічних аспектів.

**Практичне значення:** результати досліджень можуть стати основою для розробки біологічно обґрунтованих стратегій агроекологічного управління, спрямованих на збереження родючості ґрунтів та зменшення використання агрохімікатів. Крім того, вони можуть сприяти розвитку нових біотехнологій, спрямованих на покращення здоров'я та продуктивності культурних рослин, що включають сою. Результати цих досліджень можуть бути важливими для фермерів та агрономів у вирішенні практичних питань щодо ефективного вирощування сої та збалансованого використання агротехнологій.

**Структура роботи:** робота складається із вступу, чотирьох розділів, висновків і списку використаної літератури, загальний обсяг – 55 сторінок.

# РОЗДІЛ 1.

## РОЛЬ ТА ОСОБЛИВОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ МІКРОБІОТИ РИЗОСФЕРИ КУЛЬТУР АГРОЦЕНОЗУ ( ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ)

### 1.1 Сучасні погляди на взаємодію рослин та мікроорганізмів ризосфери

Незважаючи на значне мікробне різноманіття в ґрунті, мікроорганізми переважно скупчуються в невеликих нішах, що становлять лише 1% від загального об'єму ґрунту. Ці мікросередовища, відомі як "мікробні гарячі точки", демонструють високу швидкість у різних біогеохімічних процесах порівняно з об'ємом ґрунту. Виділено чотири основні "спекотні локації": ризосфера, детритосфера, біопори та поверхня ґрунтових агрегатів.

Ризосфера, на яку впливають кореневі виділення рослин, є особливо важливою через концентрацію в ній лабільного вуглецю та інших поживних речовин, що сприяють таким процесам, як дихання та використання поживних речовин. Ризо-депонування, тобто виділення сполук корінням рослин, значною мірою формує ризосферу, змінюючи хімічний склад ґрунту та забезпечуючи субстрат для ґрунтових мікроорганізмів. Ці ексудати змінюються за складом залежно від живлення рослин та стадії росту, створюючи селективний тиск у ризосфері та впливаючи на мікробні угруповання.

Приблизно 2-5% ризосферних мікроорганізмів сприяють росту рослин, причому рослини вибірково надають перевагу цим корисним мікроорганізмам, сприяючи їхньому росту та виживанню, особливо в умовах стресу [41]. Крім того, ризосферні мікроорганізми можуть мігрувати на надземну поверхню рослини (філосфера) та внутрішні тканини (ендосфера), формуючи симбіотичні відносини з рослиною-господарем [39].

Ця взаємодія між рослиною та мікробами, відома як мікробіом, відіграє вирішальну роль у поглинанні поживних речовин, метаболічних можливостях та

стресо-стійкості рослини-господаря [39]. Тому розуміння основного мікробіому, що підтримує ріст рослин, має важливе значення для покращення характеристик рослин.

З екологічної точки зору, рослини існують не просто як окремі організми, а в симбіозі з різноманітною рослинною мікробіотою, яка суттєво впливає на їхній ріст і продуктивність. Однак мікробне різноманіття мікробіомів ґрунту та ризосфери залишається значно недооціненим: лише 5% мікроорганізмів культивуються за допомогою сучасних методик [45]. Ці мікробіоми, пов'язані з рослинами, включають корисні організми, такі як азотфіксуючі бактерії, мікоризні гриби, інші ризобактерії, що сприяють росту рослин (PGPR), та агенти біоконтролю, а також шкідливі патогени.

Технології секвенування на основі аналізу гена 16S рРНК виявили величезне розмаїття мікроорганізмів, зокрема бактерій, у мікробіомі рослин. Наприклад, мета-аналіз Hawkes et al. (2007) виявив понад 1200 бактеріальних таксонів, асоційованих з ризосферою різних видів рослин, причому домінуючим філумом є протеобактерії (*Proteobacteria*) [49].

Ці рослинно-мікробні угруповання реагують на стимули навколишнього середовища, відповідно регулюючи свій ріст і розвиток. Екологічна підтримка, яку надають рослинні мікроорганізми, включає захист від хвороб та стійкість до абіотичних стресів [46].

Одним з найважливіших аспектів рослинного мікробіому є його роль у засвоєнні поживних речовин. Симбіотичні відносини, такі як бобово-ризобіальні та мікоризні асоціації, значно покращують поглинання поживних речовин рослинами. Ризобії фіксують атмосферний азот для бобових, тоді як мікоризні гриби підвищують поглинальну здатність поживних речовин і покращують структуру ґрунту. Розуміння відмінностей між цими симбіозами має вирішальне значення для конструювання автономних азотфіксуючих рослин [34].

Крім того, різні вільноживучі ризобактерії та гриби позитивно впливають на ріст сільськогосподарських культур, збільшуючи виробництво біомаси. Фосфатмобілізуючі мікроорганізми підвищують доступність фосфору, тоді як

інші сприяють засвоєнню мікроелементів, таких як залізо і цинк. Крім того, мікробіом ризосфери відіграє ключову роль у процесах деструкції органічних сполук, вивільняючи поживні речовини, необхідні для живлення рослин, і в кінцевому підсумку покращуючи родючість ґрунту та продуктивність рослин.

Рослинний мікробіом є ключовим фактором у забезпеченні стійкості рослинних організмів до збудників хвороб та зміцненні імунітету хазяїна. Ризосферні мікроорганізми, наприклад, *Pseudomonas*, *Bacillus* та інші, є антагоністами патогенів, виробляючи антибіотики, гідролітичні ферменти та конкуруючи за поживні речовини й простір. Різні антимікробні метаболіти, такі як аміак, феназин-1-карбонова кислота (PCA) та інші, пригнічують ріст патогенів. Наприклад, *Pseudomonas fluorescens* продукує антибіотик 2,4-діацетилфторглюцинол (DAPG) для пригнічення ґрунтових патогенів.

Бактерії також руйнують спори грибів за допомогою таких ферментів, як хітиназа та  $\beta$ -1,3 глюканаза. Крім того, сидерофори, що виробляються мікроорганізмами, секвеструють залізо, обмежуючи ріст патогенів.

Ризобактерії, такі як *Pseudomonas* та *Bacillus*, можуть індукувати системну стійкість рослин до патогенів через продукування сидерофорів та інших сполук. Ці взаємодії запускають захисні сигнальні шляхи в рослинах, що призводить до посилення стійкості.

Мікробіом рослин також сприяє стійкості рослин до абіотичних стресів. Мікрофлора, представниками якої є роди *Pseudomonas*, *Bacillus* і *Trichoderma*, пом'якшує різні абіотичні стреси, зокрема дефіцит води і засолення. Наприклад, *Burkholderia phytofirmans* PsJN посилює фотосинтез і врожайність зерна пшениці в умовах водного дефіциту. Обробка *Trichoderma harzianum* покращує поглинання поживних речовин та накопичення антиоксидантів в індійській гірчиці в умовах засолення. Мікроорганізми, такі як *Pseudomonas sp.* та *Bacillus subtilis*, підвищують солестійкість рослин, регулюючи поглинання іонів та експресію генів, пов'язаних зі стресом. Крім того, такі мікроорганізми, як *Pseudomonas putida*, виробляють екзополісахариди, що підвищують стійкість до посухи. Ризосферні мікроорганізми також підвищують стійкість до низьких

температур і допомагають у відновленні забруднених металами ґрунтів, змінюючи рухливість металів та їх поглинання рослинами [40].

Мікробіом рослин суттєво впливає на ріст рослин завдяки виробленню фітогормонів ризобактеріями та грибами, що сприяють росту рослин. Гібереліни, відкриті в *Gibberella fujikuroi*, стимулюють ріст рослин і регулюють різні процеси розвитку. Багато родів бактерій, включаючи *Azospirillum*, *Rhizobium* та *Bacillus*, виробляють гібереліноподібні речовини. Крім того, ауксини і цитокініни таких бактерій, як *Pseudomonas* і *Agrobacterium*, стимулюють ріст коренів і асоціативний симбіоз. Мікроорганізми, пов'язані з рослинами, також можуть змінювати гормональну сигналізацію у відповідь на стимули навколишнього середовища, регулюючи фізіологію рослин та індукуючи реакції системної стійкості у рослин [40].

Однак, мікробіом кореня також включає шкідливі ризосферні мікроорганізми, які конкурують з рослинами за поживні речовини та простір, спричиняючи хвороби рослин та економічні збитки врожаю. Такі патогени, як *Agrobacterium tumefaciens*, *Pythium*, *Fusarium* та інші, поширені в ґрунтах, впливають на імунітет та продуктивність рослин. Незважаючи на наявність патогенів, взаємодія між бактеріями та грибами в мікробіомі рослин може призводити як до антагонізму, так і до кооперації, впливаючи на ріст рослин. Тому формування мікробіому ризосфери забезпечує альтернативний підхід до традиційної мікробної інокуляції для покращення росту та продуктивності рослин [41].

Мікробіом ризосфери підвищує продуктивність сільськогосподарських культур, сприяючи зв'язку між рослинами та ґрунтом. Дослідження показують, що специфічні бактерії природним чином відбираються на основі корневих ексудатів. Взаємодія хазяїн-мікроб впливає на імунітет рослин, а різноманітні мікробіоми впливають на експресію генів, пов'язаних із захистом. Перенесення мікробіомів з ґрунтів, що пригнічують розвиток хвороб, у ґрунти, багаті на патогени, допомагає в управлінні хворобами сільськогосподарських культур [47].

Опосередковані мікробіомом ознаки, такі як ріст і стресостійкість, впливають на продуктивність рослин. Коеволюція рослин-господарів та мікробіомів сприяє сталому розвитку сільського господарства. Розуміння функцій мікробіому на різних етапах росту рослин має вирішальне значення для генетичного вдосконалення та сільськогосподарських практик, що сприяють збереженню ґрунтової мікробіоти [43].

Зусилля з використання корисних ґрунтових мікроорганізмів у рослинництві мають бути пріоритетними, враховуючи втрату цієї здатності деякими комерційними сортами сільськогосподарських культур через використання хімікатів.

## **1.2 Особливості ризосфери сої та її залежність від генотипів**

Сої культурної (лат. *Glycine max*) - це однорічна трав'яниста рослина, вид роду Соя (*Glycine*) з родини Бобові.

Культурна соя широко вирощується в понад 60 країнах на всіх континентах, крім Антарктиди. Соя, яку часто називають "соевими бобами", є поширеним продуктом, відомим ще в третьому тисячолітті до нашої ери.

Серед усіх зернобобових і олійних рослин соя займає провідні позиції за масштабами вирощування. Ця культура є цінною сировинною базою для виробництва різноманітних продуктів харчування. Завдяки високому вмісту білків та інших корисних нутрієнтів соя може слугувати повноцінною заміною продуктам тваринного походження, таким як м'ясо та молоко. Рослини сої мають різноманітні стебла за товщиною та опушенням - від дуже тонких і голих до товстих і покритих волосками. Їхня висота також варіюється в широких межах - від карликових форм заввишки 15 см до високорослих екземплярів, що сягають понад 2 метрів.

У всіх видів роду соя, включаючи культурну, листки подібні до трилишкових, іноді можуть бути 5, 7 та 9-лишкові, з опушеними листочками та перистим жилкуванням. Перший вузол стебла має два прості листки (первинні

листки), які згідно з біогенетичним законом Мюллера-Геккеля вважаються філогенетично більш древніми формами листя. Незалежно від виду, рослини сої мають характерні маленькі шипуваті утвори біля основи черешка листка та дрібні придатки біля кріплення окремих листочків. Ця особливість будови є загальною відмітною ознакою для всіх представників роду соя.

Квітки сої мають різноманітну палітру фіолетових відтінків, а також білий колір. Плоди являють собою боби, які розкриваються двома стулками по черевному та спинному шву. Зазвичай вони містять від 2 до 3 насінин. Боби переважно великі - від 4 до 6 см завдовжки та стійкі до розтріскування. Оболонка бобів складається з трьох шарів: зовнішнього, середнього та внутрішнього. Головним компонентом внутрішнього шару є щільна волокниста тканина, або склеренхіма, яка, всихаючи та стискаючись, сприяє розтріскуванню боба.

Насіння сої зазвичай має овальну форму з різним ступенем випуклості. Їх розміри варіюються від дуже дрібних, з масою 1000 насінин 60-100 г, до дуже великих понад 310 г, проте переважна більшість представлена насінням середнього розміру - 150-199 г. Насіннева шкірка щільна, часто блискуча, і в багатьох випадках непроникна для води, утворюючи так зване "тверде" або "кам'яне" насіння. Під шкіркою розташовані зародкові корінець і брунька. Колір насіння переважно жовтий, хоча трапляються також чорні, зелені та коричневі форми.

Коренева система сої має розгалужену структуру, яка сприяє ефективному поглинанню води та поживних речовин з ґрунту. Крім того, корені сої здатні фіксувати азот з повітря за допомогою специфічних бактерій, що сприяє підвищенню родючості ґрунту та збільшенню врожайності.

Одна з особливостей ризосфери сої полягає в тому, що вона є середовищем активного біологічного обміну, де відбувається взаємодія між кореневою системою рослини, ґрунтовими мікроорганізмами та різноманітними біохімічними процесами. Ризосфера сої також може бути місцем, де відбувається звільнення біологічно активних речовин, які сприяють збагаченню ґрунту та підтримці біорізноманіття.

Геном сої налічує 20 хромосом, а також містить ДНК мітохондрій та хлоропластів. Загальний розмір геному становить 1115 мегабаз. У 2010 році було розшифровано повну послідовність геному сої сорту Williams 82. Результати показали, що соя є давнім поліплоїдом, геном якого двічі зазнавав повного подвоєння (приблизно 59 і 13 мільйонів років тому). Після цього хромосоми зазнали численних перебудов, тому нинішній каріотип сої нагадує диплоїдний. У геномі було ідентифіковано понад 46 тисяч генів, що кодують білки, що на 70% більше, ніж у модельного об'єкта *Arabidopsis thaliana*. Наявність декількох копій багатьох генів пояснюється давніми подвоєннями геному.

В наш час соя є однією з сільськогосподарських культур, які піддаються генетичній модифікації. Компанія "Монсанто" є провідним виробником генетично-модифікованої (ГМ) сої. У 1995 році вони розробили ГМ-сою з властивістю "Раундап Реді", стійкою до гербіциду гліфосату (торгова назва "Раундап"). Ця стійкість досягається завдяки включенню в геном сої копії гена бактеріального походження. У 2006 році ГМ-соя "Раундап Реді" вирощувалася на 92% соєвих полів у США. Більшість країн світу дозволяють імпорт та споживання такої сої, проте обмеження на її вирощування залишаються в багатьох місцях.

Проте широке впровадження трансгенних сортів сої в США не суттєво вплинуло на середню врожайність цієї культури. Врожайність сої в США, незважаючи на постійне зростання частки генетично модифікованих сортів з 1996 року, зростає приблизно з тією самою швидкістю, що й до впровадження RR-сої. Більше того, врожайність сої в європейських країнах, які використовують лише сорти, створені класичним відбором, майже не відрізняється від продуктивності сої в США. В деяких випадках навіть спостерігалось зниження продуктивності генетично модифікованих сортів сої порівняно зі звичайними.

Привабливість RR-сої для фермерів полягає, насамперед, в тому, що вирощувати її легше та дешевше, оскільки можна боротися з бур'янами набагато ефективніше.

У ХХІ столітті з'явилися дослідження, що свідчать про можливість створення генотипів сої, аналогічних деяким трансгенним сортам, але виведеним класичними методами. Одним із прикладів використання традиційних методів селекції для поліпшення сої є сорт *Vistive*, створений компанією Монсанто. У цього сорту було знижено вміст ліноленової кислоти (C18:3) з метою допомогти харчовій галузі позбавитися шкідливих для здоров'я трансжирних кислот в продуктах харчування. Досягнуто це було не завдяки генній інженерії, а шляхом класичної селекційної роботи з відбором рослин із бажаною зміненою жирнокислотою композицією олії. Трансжири представляють собою побічний продукт, що утворюється в процесі гідрогенізації рослинних олій, що проводиться для підвищення його стабільності та зміни пластичних властивостей.

У 1990-х роках з'явилися вказівки на те, що вживання в їжу продуктів, що містять трансжири (таких як маргарин), збільшує ризик серцево-судинних захворювань. Соева олія, отримана з таких сортів, як *Vistive*, не потребує додаткової обробки і в багатьох випадках здатне замінити гідрогенізовані олії з високим вмістом трансжирів. В дослідженні QU Zheng було виявлено, що ці відмінності в ризосферних мікробних угрупованнях також були виражені між різними генотипами сої. Різниця була зумовлена різними генотипами сої.

Аналіз показав, що зміни в мікробному угрупованні ризосфери різних генотипів також змінювалися залежно від стадії. Це дослідження показало, що три генотипи сої формували специфічні ризосферні мікробні угруповання від стадії проростків до стадії зрілості. Це свідчить про те, що різні генотипи сої-хазяїна регулюють структуру мікробних угруповань ризосфери [35].

Рід мікроорганізмів визначає функцію бактерії, що є основною причиною рекрутування ризосферних мікроорганізмів рослинами-господарями [35]. Склад ризосферного мікробного угруповання на рівні роду на двох етапах показав значні відмінності у трьох генотипів сої в даному дослідженні. [45]. *Blastococcus*, *Nocandioides*, *Nirospira* та *Ellin6055* у SG та GDB були вищими, ніж у GY на стадії зрілості, і ці роди в першу чергу пов'язані з деградацією та окисленням нітритів

[52]. *Nocandioides* у GDB була найпоширенішою з трьох генотипів сої на стадії зрілості, і цей рід в першу чергу пов'язаний із синтетичними антибіотиками [52]. Цей результат може бути пов'язаний з тим, що GDB потребує більше азоту для росту і розвитку рослин-хазяїв і залучає більше N-споріднених родів.

Ці результати показали, що три генотипи ризосферних мікробів сої формували специфічні спільноти, що є результатом відмінностей у складі та чисельності цих родів. Ці сформовані спільноти ризосферних мікробів виконують функції, необхідні рослинам-господарям для росту і розвитку. Результати також свідчать про те, що різні генотипи сої залучають специфічні ризосферні мікробні спільноти для росту і розвитку.

Дослідження показало, що структура мікробної спільноти ризосфери різних генотипів сої регулюється рослиною-хазяїном і в першу чергу зумовлена різними функціями, необхідними рослині-хазяїну. Тому майбутнє сільськогосподарське виробництво та розробка бактеріальних добрив повинні враховувати, що різні генотипи сої потребують різних мікробних бактеріальних добрив, а вміст бактеріальних добрив та поживних речовин повинен відповідати різним стандартам у процесі внесення добрив. Ці висновки надають нові знання щодо удобрення вирощування сої в агропромисловості, а також започатковують новий підхід до розробки мікробних препаратів виробництва сої.

### **1.3 Штучна інокуляція мікроорганізмів в ризосферу та її роль в агроєкосистемах**

Штучне удосконалення мікробіомів рослин і ґрунту для протистояння біотичним та абіотичним стресам може підвищити продуктивність сільськогосподарських культур. Однак координація між мікробіологічними, біохімічними та молекулярними стратегіями має вирішальне значення для забезпечення виживання мікробних угруповань, що застосовуються, та загального стану екосистеми.

Широкомасштабне використання генетично модифікованих мікроорганізмів пов'язане з етичними та екологічними проблемами, тоді як

місцеві мікробні інокулянти мають помірно низький рівень ризику біологічної небезпеки. Необхідні подальші дослідження для підтвердження придатності місцевих мікробів у сільському господарстві, враховуючи сезонні та екологічні зміни, які впливають на склад мікробіому.

Комерційні мікробні інокулянти, такі як Effective Micro-organisms® (EM™), Euro Mest-mix® (Mx) і Agrimest® (Am), широко використовуються, але їх ефективність варіюється. Занепокоєння викликає багаторазове використання окремих штамів або специфічних штамів, що підкреслює дискусію між функціональним збагаченням і функціональною надмірністю в зміні мікробіому.

Ґрунт є резервуаром різноманітних макро- і мікроорганізмів, а отже, величезним джерелом різноманітних властивостей. Стан ґрунту насамперед залежить від чисельності мікробних угруповань, а також від варіабельності видів, що його утворюють. Зі збільшенням мікробного біорізноманіття функціональні можливості екосистеми покращуються, але до певного моменту, після якого подальше збільшення біорізноманіття не забезпечить жодних нових властивостей. Додавання матеріалу, що містить один штам або кілька специфічних штамів, призводить до "функціонального збагачення". Наприклад, певну мікробну популяцію, яка виконує певні специфічні функції, наприклад, *Pseudomonas sp.* часто додають у ґрунт для розчинення сполук фосфору [44]. Здатність різних таксонів одночасно здійснювати різні метаболічні процеси з однаковою швидкістю в певному середовищі називається "функціональною надлишковістю" ґрунтових мікробних угруповань. Оскільки в ґрунті багато різних видів виконують одну й ту ж функцію, і навіть при втраті одного або двох з них через раптові зміни навколишнього середовища [45], існує безліч інших мікроорганізмів, здатних компенсувати функції зниклого виду. [46]. Це пояснюється тим, що видове різноманіття посилює співпрацю між видами бактерій, що веде до зростання шансів протистояти раптовим змінам у середовищі ризосфери, підтримувати тимчасове розмноження стійких видів, і, таким чином, мікробіом стає більш стійким та стабільним.

Таким чином, при становленні мікробіому ризосфери слід надавати перевагу мікробним консорціумам, що мають надлишкові функції.

З іншого боку сторонні мікробні угруповання повинні мати здатність виживати в нових умовах, де процвітають аборигенні види. Може мати місце конкуренція з місцевими популяціями на рівні харчової мережі, де чужорідні мікроби не повинні бути колонізаторами, а співіснувати з місцевими популяціями (рис. 1.1).

При застосуванні сконструйованих мікробних груп, функціонально збагачених або функціонально надлишкових, вони зіткнуться з сильною конкуренцією з боку мікробних угруповань аборигенних видів.

Природні ґрунтові угруповання краще пристосовані до існуючого ґрунтового середовища порівняно з внесеними. Тому необхідна можлива конверсія клітин інокулянтів у некультивовані форми та генетична взаємодія з місцевою мікробіотою [47]. Наприклад, якщо ґрунт є зимогенним і містить багато лактобактерій та ферментативних мікробів (дріжджі, крохмале- та целюлозоруйнівні бактерії), то внесені мікроби, що мають більш збалансовану мікробну популяцію, повинні конкурувати за джерела поживних речовин, які будуть розподілятися між популяцією лактобактерій ґрунту та внесеними спільнотами. Проте інші мікроорганізми угруповання, такі як актиноміцети, протеобактерії та ін., можуть отримати шанс на процвітання.

Більше того, невизначеність у нормі (кількості) внесення, часу внесення, кількості мікробних популяцій, які можуть бути застосовані, а також методів доставки цих мікробних спільнот часто створює великі проблеми для дослідників

Використання трансгенних культур все ще є предметом дискусій у багатьох частинах світу. У багатьох випадках трансгенні рослини мають специфічну генетичну модифікацію для покращення живлення рослин та стійкості до шкідників, забезпечують підвищену толерантність до граничних рівнів Fe, Ca, Mg тощо, покращують засвоєння та асиміляцію ґрунтового P [38].

У випадку функціональної надлишковості присутні декілька функціональних груп, які виконують "основні" та "рідкісні" функції ґрунту, тоді як у випадку функціонального збагачення лише певна група мікробних угруповань відповідає за функції ґрунту.

Трансгенні культури можуть впливати на мікробні угруповання ґрунту різними способами, наприклад, через відмінності у складі корневих ексудатів порівняно з нетрансгенними культурами. Дослідження показали, що білки, які виділяються з корневими ексудатами, можуть зберігатися в ґрунті протягом місяців і сезонів після збору врожаю трансгенних культур і мати широкий спектр впливу на місцеву ґрунтову мікробіоту [40].

Сучасна література про вплив трансгенних культур на взаємодію рослин і ґрунтової біоти в ризосферних регіонах обмежена типом культури і тривалістю випробувань, що призводить до суперечливих висновків. Багато дослідників виявили, що трансгенні або генетично модифіковані (ГМ) рослини становлять значну загрозу для місцевої біоти через ненавмисний потік генів або забруднення генів через перехресне запилення або постійне застосування пестицидів і гербіцидів до ГМ-культур, що призводить до резистентності у нецільових бур'янів і комах [42].

Понад 500 видів комах і 400 видів бур'янів розвинули стійкість до інсектицидів і гербіцидів відповідно, що призводить до збільшення витрат хімічних речовин і подальших витрат у сільськогосподарській практиці [58]. Одна трансгенна культура на основі виду *Bacillus thuringiensis* (*Bt*), забезпечує стійкість до комах та шкідників і становить до 80 % культури бавовни та 32 % культури кукурудзи, що збільшило виробництво бавовни з 23 % до 60 % у деяких регіонах світу [56].

У дослідженні з трансгенною та диким бавовником, на відміну від нетрансгенних сортів, трансгенна бавовна сприяла збереженню інсектицидних кристалічних білків та білків-інгібіторів трипсину в ризосферному ґрунті. Це дослідження показало, що багаторазове вирощування трансгенної бавовни

призвело до значного негативного впливу на мікробні спільноти ґрунту та ферментативну активність у ризосфері порівняно з нетрансгенною бавовною.

У деяких випадках переваги трансгенних культур можуть переважати над ризиками, однак обмежена тривалість експериментальних досліджень і природні коливання активності ризосфери для різних культур протягом вегетаційного періоду роблять надзвичайно складним зробити будь-які довгострокові висновки.

Згідно з дослідженням, Вt-кукурудза збільшила загальну біомасу на 13 % порівняно з нетрансгенними сортами навіть за відсутності тиску шкідників і без суттєвих відмінностей за іншими факторами, такими як розчинний вуглець у кореневій тканині та вміст вуглецю в мікробній біомасі, але дослідники дійшли висновку, що трансгенна кукурудза не створює значного ризику для ґрунтової мікробіоти. В одному дослідженні, присвяченому вивченню трансгенної і нетрансгенної кукурудзи в польових і тепличних умовах, було проаналізовано склад бактеріальної спільноти ґрунту і виявлено, що на ризосферу кукурудзи більше впливає текстура ґрунту, ніж трансгенне походження кукурудзи. В іншому дослідженні трансгенна картопля мала значний вплив на ґрунтову біоту протягом одного сезону, але цей вплив не був присутній наступного сезону [48].

Для створення надійного ризо-мікробіому необхідне краще розуміння функцій і динаміки асоціацій "рослина-мікроб" і "мікроб-мікроб". Крім того, необхідно оптимізувати шляхи потрапляння цих мікробів у ризосферу або, іншими словами, способи їх доставки. Методи заселення ризосфери мікробами, які вносяться з технологічною метою, повинні бути економічно ефективними, здатними підтримувати генетично модифіковані мікроорганізми, а також виживання й стійкість аборигенних мікробів [49].

Наприклад, праймінг насіння, є економічно вигідним і швидким, але не забезпечує життєздатність насіння протягом тривалого періоду зберігання; навпаки, інкапсуляція насіння забезпечує життєздатність насіння і пропонує повільне і безперервне вивільнення бактерій і грибів протягом тривалого періоду, але не враховує мікробну виживаність та існування в ґрунті [46].

В останні роки набуло поширення використання ендofітних бактерій, таких як представники родів *Bacillus* та *Paenibacillus*, в якості додаткових інокулянтів разом з бульбочковими бактеріями для обробки насіння бобових культур перед посівом. Така коінокуляція дозволяє покращити процеси формування бульбочок на коренях, збільшити їх кількість та загальну масу кореневої системи, а також підвищити стійкість рослин до низьких температур. Деякі штами цих бактерій здатні не лише стимулювати ріст рослин та активувати їх імунітет, але й сприяти кращому живленню рослин та ефективнішому симбіозу з бульбочковими бактеріями. Проте використання ендofітів як компонентів бакпрепаратів для сільського господарства досі недостатньо вивчене.

В дослідженнях, проведених І. С. Бровко, Л. В. Титовою та Г. О. Іутинською, вивчався вплив ендofітних бактерій сої на формування симбіозу з бульбочковими бактеріями та склад ризосферного мікробного угруповання. Було показано, що в період активної азотфіксації, на стадії бутонізації-початку цвітіння, передпосівна обробка насіння сої штамми *Paenibacillus polymyxa*, *Bacillus cereus* та *Brevibacillus sp.* незначно впливала на масу надземної частини порівняно з контрольними рослинами без інокуляції.

Найбільше збільшення надземної маси рослин сої спостерігалось при інокуляції насіння композицією бульбочкових бактерій *Bradyrhizobium japonicum* та ендofітного штаму *Paenibacillus polymyxa*. В цих варіантах маса перевищувала контрольний показник приблизно в 1,8-1,9 рази. Такі результати узгоджуються з літературними даними, що деякі ендofітні бактерії можуть стимулювати ріст та розвиток рослин-господарів.

Однак, при використанні інших композицій, зокрема *B. japonicum* УКМ В-6035 з *Bacillus cereus* 4 чи *P. brassicacearum* 6, надземна маса рослин сої не відрізнялася від контрольного варіанту без інокуляції. [13].

Дослідження розвитку фотосинтетичного апарату рослин сої виявило, що інокуляція насіння штамом *Bacillus cereus* 4 сприяла значному збільшенню кількості листків та їхньої сумарної площі порівняно з необробленим контролем.

Зокрема, кількість листків у цьому варіанті була приблизно в 1,6 рази більшою, а загальна поверхня листя - в 1,8 рази більшою, ніж у контрольних рослин. [13].

При дослідженні формування симбіотичної системи вчені аналізували активність утворення бульбочок на коренях сої. В усіх дослідних варіантах бульбочки формувалися, проте обробка насіння штамами *Paenibacillus polymyxa* 1, *Bacillus cereus* 4 та *Bradyrhizobium japonicum* УКМ В-6035 сприяла значному збільшенню їх кількості порівняно з контролем - у 3,4, 1,7 та 1,8 рази відповідно. Застосування композицій бульбочкових бактерій з ендofітними штамами також достовірно збільшувало кількість бульбочок на коренях. [23].

При вивченні азотфіксувальної активності бульбочок на коренях сої сорту Черемош було встановлено, що за окремої інокуляції ендofітними бактеріями активність нітрогенази (ферменту, який каталізує фіксацію азоту) у варіантах з обробкою штамами *Paenibacillus polymyxa* 1 та *Bacillus cereus* 4 була в 4,6 та 4,9 рази вищою відповідно, ніж у контролі. Промисловий штам бульбочкових бактерій забезпечував активність, що в 5,4 рази перевищувала контроль.

При коінокуляції насіння композиціями ендofітів та ризобій, три композиції показали дуже високі рівні нітрогеназної активності, які були навіть вищими за активність у варіанті з промисловим штамом. Зокрема, подвійна інокуляція *P. polymyxa* 1, *B. cereus* 4 та *Brevibacillus* sp. 5 разом з ризобіями підвищувала загальну азотфіксувальну активність у 3,1, 2,0 та 3,9 рази відповідно порівняно з окремою інокуляцією *Bradyrhizobium japonicum* УКМ В-6035.

Аналіз ризосферного мікробного угруповання показав, що інокуляція штамом *P. polymyxa* 1 збільшувала кількість педотрофних та олігоазотрофних мікроорганізмів на 10% та 20% відповідно у порівнянні з контролем. [26].

Інокуляція насіння сої штамом *Paenibacillus brassicacearum* 6 призводила до збільшення чисельності педотрофних мікроорганізмів в 1,7 рази, олігоазотрофів - в 1,1 рази, а фосфатмобілізувальних бактерій - в 1,4 рази порівняно з контролем. При інокуляції штамом *Bacillus cereus* 4 зростала лише кількість олігоазотрофів, яка була в 1,5 рази вищою за контроль. Обробка

ендофітним ізолятом *Brevibacillus* sp. 5 стимулювала ріст виключно педотрофної групи мікроорганізмів.

Застосування промислового штаму бульбочкових бактерій *Bradyrhizobium japonicum* УКМ В-6035 сприяло підвищенню чисельності педотрофів у 2,3, а олігоазотрофів - в 1,1 рази порівняно з контрольним варіантом. При спільній коінокуляції *B. japonicum* та *P. brassicacearum* 6 кількість олігоазотрофів у ризосферному ґрунті зростала на 10%. Обробка ризобіями разом з ізолятом *B. cereus* 4 також збільшувала кількість олігоазотрофів в 1,2 рази.

За передпосівної обробки композицією ризобій та штаму *Brevibacillus* sp. 5 чисельність досліджуваних груп мікроорганізмів суттєво не відрізнялася від контролю [27].

Доповнюючи попередній матеріал, варто зазначити, що в ризосферному ґрунті інокульованих рослин в деяких випадках відбувалося зниження чисельності мікроорганізмів порівняно з контрольним варіантом. Зокрема, кількість педотрофних мікроорганізмів зменшувалася у всіх дослідних варіантах, крім обробки штамом *P. polymyxa* 1. При подвійній інокуляції насіння ризобіями та ендоефітним штамом *P. brassicacearum* 6 цей показник був у 6,4 рази нижчим за контроль. Застосування штаму *B. cereus* 4 та композицій ризобій з ендоефітами *P. brassicacearum* 6, *B. cereus* 4 та *Brevibacillus* sp. 5 призводило до зниження чисельності педотрофів у 1,3; 2,4; 2,2 та 1,4 рази відповідно порівняно з контрольним варіантом.

Отже, хоча загалом інокуляція певними штамми та їх композиціями підвищувала біологічну активність ґрунту, в деяких випадках спостерігалось зниження чисельності окремих груп мікроорганізмів, що потребує додаткового вивчення. [28-29].

Вивчення емісії вуглекислого газу, який є маркером біологічної активності ґрунту, продемонструвало підвищення дихальної функції ґрунту при застосуванні штамів *Paenibacillus polymyxa* 1, *P. brassicacearum* 6, *Brevibacillus* sp. 5, *Bradyrhizobium japonicum* УКМ В-6035, а також їх композицій - *B. japonicum* з *P. polymyxa* 1 та *B. japonicum* з *P. brassicacearum* 6. Найвища

інтенсивність дихання ґрунту спостерігалася за використання суміші *V. japonicum* та *P. brassicacearum* 6, перевищуючи контрольний рівень приблизно в 1,9 раза.

Проте, інокуляція штамом *Bacillus cereus* 4, його композицією з ризобіями, а також сумішшю *V. japonicum* з *Brevibacillus* sp. 5 призводила до зниження дихальної активності ґрунту порівняно з контролем у 2,1, 3,1 та 4,1 рази відповідно.

Слід зауважити, що в ризосферному ґрунті інокульованих рослин у деяких випадках відбувалося зменшення чисельності мікроорганізмів відносно контролю. Зокрема, кількість педотрофних мікроорганізмів знижувалася за всіма варіантами обробки, крім застосування *P. polymyxa* 1. При подвійній інокуляції ризобіями та *P. brassicacearum* 6 цей показник був нижчим у 6,4 рази. Обробка насіння *V. cereus* 4 та композиціями ризобій з *P. brassicacearum* 6, *V. cereus* 4 і *Brevibacillus* sp. 5 зменшувала чисельність педотрофів у 1,3, 2,4, 2,2 та 1,4 рази відповідно. [23].

Отже, результати досліджень демонструють позитивний ефект від інокуляції рослин ендofітними бактеріями *Paenibacillus polymyxa* 1, *P. brassicacearum* 6 та їхніми композиціями з бульбочковими бактеріями. Така інокуляція сприяє підвищенню загальної біологічної активності ґрунту в зоні кореневої системи. Це пов'язано з тим, що дані ендofіти покращують формування та функціонування симбіотичних відносин між рослинами та аборигенними бульбочковими бактеріями. Крім того, вони стимулюють синтез фізіологічно активних сполук рослинного походження, таких як фітогормони. Застосування такого підходу інокуляції може бути перспективним для оптимізації взаємодії рослин з мікроорганізмами та зростання врожайності сільськогосподарських культур. Таким чином, цілеспрямоване внесення специфічних ендofітних бактерій у поєднанні з бульбочковими може розглядатись як ефективний агрономічний прийом для покращення росту і продуктивності рослин.

## РОЗДІЛ 2.

### ОБ'ЄКТ, ПРЕДМЕТ ТА УМОВИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

#### 2.1 Об'єкт та предмет дослідження

Дослідження з виявлення впливу елементів технології на еколого-трофічну структуру ризосферної мікробіоти сої та формування її продуктивності сої були проведені впродовж 2022–2023 рр. з метою виявлення ефективності попередника в сівозміні та ефективності інокуляції препаратом та Регоплант

**Об'єкт дослідження** – формування еколого-трофічної структури ризосферної мікробіоти сої та урожаю залежно від елементів технології вирощування.

**Предмет дослідження** – соя, попередники, інокуляція, еколого-трофічні групи мікроорганізмів, урожайність, елементи технології вирощування. В дослідженнях використовували бактеріальний препарат Регоплант.

**Регоплант** - це біологічний препарат вітчизняного виробництва від компанії "Агробіотех", що належить до Міжвідомчого науково-технологічного центру НАН та МОН України. Він виготовляється згідно ТУ У 20.2-31168762-006:2012. Регоплант є комплексним біологічним продуктом, що поєднує в собі функції біостимулятора і біоінсектициду.

Діючими речовинами в складі препарату є:

Комплекс біологічно активних сполук (0,3 г/л) - продуктів життєдіяльності коренево-ендофітних грибів-мікроміцетів женьшеню, серед яких жирні кислоти, полісахариди, амінокислоти, аналоги фітогормонів.

Комплекс біогенних мікроелементів (1,75 г/л).

Калієва сіль ауксину альфа-нафтилоцтової кислоти (1 мг/л).

Авермектин С - метаболіт актиноміцету *Streptomyces avermytilis*.

Завдяки синергізму компонентів Регоплант має широкий спектр застосування в рослинництві - для передпосівної обробки насіння різних культур, обприскування рослин у період вегетації, вирощування грибів, садівництві, лісівництві, газонному господарстві та біотехнологіях.

Регоплант використовується у вигляді водного розчину, який готують безпосередньо перед застосуванням. Оскільки норми внесення препарату на тонну насіннєвого матеріалу або на одиницю площі посівів є досить низькими, важливо забезпечити рівномірний розподіл діючих речовин Регопланту в робочому розчині.

Для приготування робочого розчину необхідну кількість Регопланту ретельно змішують з водою, ретельно перемішуючи. У випадку сумісного застосування з іншими препаратами, їх також додають до води і ретельно перемішують, уникаючи утворення грудочок чи нерозчинених часточок. Ретельне перемішування забезпечує рівномірний розподіл усіх компонентів у розчині, що сприяє рівномірному покриттю оброблюваної поверхні і максимальній біологічній ефективності Регопланту.

Дотримання рекомендованих норм витрати та правильна підготовка робочого розчину є важливими для успішного застосування цього біологічного препарату в рослинництві.

**Матеріалом дослідження був сорт сої Голубка. Оригінатор - Національний науковий центр "ІНСТИТУТ ЗЕМЛЕРОБСТВА НААН"**

Сорт призначений для застосування у кормовиробництві та харчовій промисловості. Сорт скоростиглий. Період вегетації 100 днів,

Даний сорт було створено шляхом багаторічного індивідуального добору високопродуктивних генотипів із гібридної популяції, отриманої від схрещування сортів Еванс та Устя. За результатами офіційної апробації та ідентифікації, сорт віднесено до маньчжурського підвиду вівса культурного (*Avena sativa* subsp. *manshurica*) та апробаційної групи *sordida* в межах цього підвиду. Метод індивідуального багаторазового добору з гібридної популяції

дозволив поєднати в новому сорті цінні господарські ознаки та генетичний потенціал обох батьківських форм. Потенціал урожайності до 5 т/га.

Новий сорт характеризується рослинами середньої висоти 95-100 см та проміжним типом росту. Нижні боби на рослинах прикріплюються на висоті 13-14 см від поверхні ґрунту. Насіння має овальну форму та жовтий колір із коричневим середнім овальним рубчиком без "вічка". Маса 1000 насінин сягає 210-220 г. Насіння відзначається високим вмістом білка - 41-42% та олії - 20-21%.

Рослини мають руде опушення, а суцвіття представлене багатоквітковою китицею з 13-15 фіолетовими квітками на квітконосі. Сорт виявляє стійкість проти основних хвороб культури, вилягання та посухи. Рекомендований для вирощування в Лісостепу та Поліссі України на основних посівних площах. Завдяки скоростиглості його можна використовувати як попередника для озимих культур у сівозміні.

Комплекс господарсько-цінних ознак, включаючи високу продуктивність, якість насіння та стійкість до абіотичних і біотичних чинників, роблять цей сорт перспективним для поширення у виробництві

## **2.2. Ґрунтово-кліматичні умови**

Фермерське господарство "СФГ РЕКУЦ Є.М." розташоване в селі Піски Миргородського району Полтавської області. Основним напрямком діяльності цього підприємства є рослинництво, а саме вирощування зернових, бобових та олійних культур.

Серед зернових культур, що культивуються в господарстві, провідне місце займає озима пшениця. Вона є ключовою сільськогосподарською культурою для даного підприємства. В структурі зернового клину озима пшениця становить 61%, а в загальній структурі посівних площ господарства - 22%.

Враховуючи високу питому вагу озимої пшениці в рослинницькій галузі господарства, технології її вирощування та підвищення врожайності

приділяється особлива увага. Створення сприятливих умов для одержання високих і сталих врожаїв цієї стратегічної культури є одним з основних завдань виробничої діяльності "СФГ РЕКУЦ Є.М."

У виробничому профілі підприємства значну роль відіграють такі технічні культури, як соняшник, ріпак та соя. На даний момент соняшник є однією з найбільш пріоритетних технічних культур. Його частка становить 59% серед усіх технічних культур і 37% у загальній структурі посівних площ господарства. У поточному сезоні соняшник висівали після озимої пшениці та кукурудзи.

Полтавщина розташована в помірному кліматичному поясі, який належить до атлантико-континентальної помірно-вологої помірно-теплої кліматичної зони. Для даної території характерний помірний континентальний тип клімату.

Кліматичні особливості регіону значною мірою залежать від радіаційного фактора, зумовленого географічним положенням місцевості та впливом сонячної радіації. Річна тривалість сонячного світла змінюється з півночі на південь області від 1900 до 1980 годин. Загальна сума сонячної радіації становить 101-104 ккал/см<sup>2</sup> за рік, а показники радіаційного балансу - 44-46 ккал/см<sup>2</sup> за рік.

Більша частка сонячної енергії надходить на територію Полтавщини в теплий період року, переважно у другій половині весни та влітку. В цілому радіаційний баланс території за рік є позитивним, однак взимку він набуває негативних значень.

Такий радіаційний режим та загальні риси помірно континентального клімату визначають сприятливі умови для вирощування теплолюбних сільськогосподарських культур у вегетаційний період та необхідність адаптації технологій до холодного зимового періоду.

Другим за значущістю після радіаційного фактором, що визначає кліматичні особливості регіону, є атмосферна циркуляція. Рівнинний рельєф місцевості сприяє поширенню над територією Полтавщини повітряних мас трьох основних типів та шести підтипів.

Переважну більшість днів року (понад 2/3) над областю панують помірні повітряні маси. Арктичні повітряні маси спостерігаються більш як 1/10 часу, а

тропічні - понад 1/5 річного періоду. Основна частина атмосферних опадів на Полтавщині випадає при проходженні північно-західних циклонів.

Середньорічна кількість атмосферних опадів змінюється в діапазоні 580-480 мм, зменшуючись з півночі на захід та південний схід області. У м. Полтава середня багаторічна норма опадів становить 545 мм на рік. Загалом по області відмічається тенденція до збільшення річної кількості опадів протягом останніх 50 років (на 60 мм і більше).

Рівнинність місцевості та вплив різних за походженням повітряних мас формують характерний для Полтавщини помірно-континентальний тип клімату з м'якою зимою та спекотним літом, достатнім зволоженням при нерівномірному розподілі опадів протягом року.

Зима на території Полтавської області характеризується нестійкими погодними умовами внаслідок частої зміни атмосферних процесів. Настання зимового періоду відбувається з 18 листопада на півночі і 25 листопада на півдні області (у м. Полтава - 21 листопада).

Перша половина зими відзначається активною циклонічною діяльністю, що зумовлює похмуру, вітряну погоду з частими опадами під впливом Ісландського баричного мінімуму. Вторгнення арктичних повітряних мас призводить до різкого зниження температури, посилення вітру та снігопадів.

Натомість при надходженні теплих середземноморських і чорноморських повітряних мас спостерігається відлига з плюсовими температурами, опадами у вигляді дощу, танення снігового покриву (понад 30 днів за сезон), появою туманів та ожеледиці. В такі періоди сніговий покрив може повністю розтанути. Друга половина зимового сезону більш стійка, однак можливі короткочасні відлиги та часті переходи температури через 0°C.

Отже, для зимового періоду на Полтавщині притаманна значна мінливість погодних умов внаслідок активного чергування різних за походженням повітряних мас.

У середині ХХ століття на Полтавщині утворення стійкого снігового покриву в середньому відбувалося 16 грудня. Його руйнування припадало в

середньому на 21 березня на півночі області та 11 березня на півдні. Тривалість періоду із стійким сніговим покривом становила близько 90 днів за зимовий сезон. Однак, у теплі зими такий сніговий покрив взагалі міг не формуватися, що траплялося приблизно в 10% випадків. Максимальна висота снігового покриву в середньому досягала 20 см. Перехід до весняного кліматичного періоду відбувався 14 березня на півдні Полтавщини та 22 березня - на півночі області. З приходом весни циркуляційні атмосферні процеси слабшали, натомість посилювався вплив радіаційного фактору та стану підстилаючої поверхні. Для зимового періоду в регіоні були характерні утворення снігового покриву в середині грудня, його руйнування в другій половині березня при тривалості покриву близько 3 місяців. Висота покриву зазвичай не перевищувала 20 см. Початок весни та відповідні зміни в атмосферних процесах припадали на другу половину березня.

З настанням весняного сезону спостерігається зменшення інтенсивності циркуляції повітряних мас, тоді як вплив радіаційної складової та характеристик підстильної поверхні на погодні умови, навпаки, зростає. Весняний період на Полтавщині характеризується нестійкими погодними умовами. В цей час можливі різкі коливання температури повітря - як різке похолодання внаслідок вторгнення арктичних повітряних мас з Арктичного максимуму, так і різке потепління при надходженні тропічних повітряних мас з району Азорського максимуму. Нестійкість погоди також пов'язана з періодичним надходженням сухих континентальних повітряних мас (суховіїв) південно-східного напрямку, які формуються в результаті трансформації арктичного повітря над територією Середньої Азії та Казахстану.

У першій половині весни із середньодобовими температурами  $0...+5^{\circ}\text{C}$  ще зберігаються ознаки зимового сезону. В цей період переважає циклонічна діяльність, а підвищення температури відбувається повільно через витрати тепла на танення снігового покриву. У другій половині весни ( $5...15^{\circ}\text{C}$ ) посилюється вплив Азорського антициклону, що призводить до швидкого зростання температури внаслідок прогрівання земної поверхні. За весняний період

(березень-травень) випадає в середньому 105 мм опадів. Зростання їх кількості протягом сезону пов'язане зі збільшенням вологовмісту повітряних мас.

Таким чином, для весняного сезону на Полтавщині характерна велика мінливість погодних умов під впливом різних за походженням повітряних мас при поступовому переході від зими до літа.

На Полтавщині перехід від літа до осені відбувається поступово зі зниженням температури повітря. Активна вегетація рослин припиняється з переходом середньодобової температури через  $10^{\circ}\text{C}$ , що трапляється 1 жовтня на півночі та 8 жовтня на півдні області. Повне припинення вегетації відбувається наприкінці жовтня (в Полтаві - 26 жовтня) після зниження середньодобової температури нижче  $5^{\circ}\text{C}$ . Метеорологічна осінь розпочинається з переходом середньодобової температури через  $0^{\circ}\text{C}$  в третій декаді листопада (21 листопада). Осінній сезон на Полтавщині триваліший і тепліший за весняний - близько 68 днів у м. Полтава. Максимальна кількість опадів за осінній період в середньому випадає в жовтні - 42 мм на місяць. Таким чином, для осіннього періоду характерне поступове та відносно плавне зниження температури повітря. Активна вегетація рослин припиняється на початку жовтня, а повне припинення фізіологічних процесів відбувається наприкінці місяця. Завершення метеорологічної осені припадає на третю декаду листопада. Найбільша кількість атмосферних опадів спостерігається в жовтні.

Оцінка того, наскільки погодно-кліматичні умови є сприятливими для життя людей і ведення господарської діяльності, зокрема сільського господарства, здійснюється шляхом аналізу активних методів протидії негативним кліматичним явищам. До таких методів відносяться обігрівання (включаючи задимлення і безпосередній захист поверхні землі), затримання снігу, зрошувальні системи, фітомеліоративні заходи та інші. Саме ефективність застосування цих методів і визначає, наскільки клімат підходить для комфортного проживання населення та продуктивного господарювання в певній місцевості.

Найвища кількість сонячних днів (64-79%) в Полтавській області припадає на період з травня по серпень. Ці місяці є найбільш відповідними для використання сонячних енергетичних пристроїв. Потенційний електроенергетичний ресурс сонячної радіації для області становить 0,072 мільйона мегават-годин.

Для успішного розвитку рослинництва найважливішими є такі агрокліматичні фактори, як довжина вегетаційного періоду (коли температура повітря перевищує  $+5^{\circ}\text{C}$ ), акумульована сума активних температур (вище  $10^{\circ}\text{C}$ ) та режим вологості. На території Полтавської області тривалість вегетаційного сезону збільшується в напрямку з північного заходу на південний схід і південь регіону, варіюючись від 197 до 219 днів. Весняний початок вегетації припадає на період з 3 по 9 квітня, а осіннє завершення - з 24 по 32 жовтня. Сума активних температур також демонструє зростання при просуванні з північних районів Полтавщини до південних, змінюючись від  $26^{\circ}\text{C}$  до  $30^{\circ}\text{C}$ . Коефіцієнт вологості, розрахований за методикою М.М.Іванова, зменшується від 0,85 на північному заході області до 0,65 на її крайньому південному сході. Впродовж теплої половини року (з квітня по жовтень) кількість атмосферних опадів коливається від 400 мм до 320 мм.

Основна частина Полтавського регіону належить до агрокліматичної зони з недостатньою вологістю та теплим кліматом. Лише незначна територія на південному сході області, яка знаходиться в межах степової зони, відноситься до посушливої та дуже теплої агрокліматичної області. Одним з важливих кліматичних показників є тривалість опалювального періоду, яка визначається датами, коли середньодобова температура повітря переходить через позначку  $+8^{\circ}\text{C}$ . У місті Полтава опалювальний сезон в середньому триває 187 днів, починаючись 13 жовтня і закінчуючись 16 квітня.

## РОЗДІЛ 3.

### МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

Експериментальні дослідження в польових умовах проводили протягом вегетаційного періоду 2022-2023 рр. на полях фермерського господарства «СФГ РЕКУЦ Є.М.» Миргородського району, Полтавської області. Ґрунт дослідних ділянок – чорнозем типовий середньосуглинковий.

Соя є рослиною, яка потребує значної кількості тепла для свого розвитку. Насіння цієї культури починає проростати при мінімальній температурі 6-7°C. Якщо температура опускається нижче 15°C, це призводить до уповільнення росту рослин. Соя здатна витримувати короточасні весняні заморозки в межах від -1 до -2°C, але при цьому її ріст істотно гальмується. Особливо високі вимоги до тепла соя висуває в період цвітіння та формування бобів. Оптимальна температура для розвитку репродуктивних органів становить 21-23°C, для цвітіння - 22-25°C, для утворення бобів - 22-23°C, а для дозрівання - 18-20°C. Найкращі результати при вирощуванні сої можна отримати, якщо протягом липня-серпня випадає 300-350 мм опадів і відносна вологість повітря тримається на високому рівні.

Дослідження мікробного складу ґрунту в зоні коріння проводилося на тих ділянках, де соя культивувалася після вирощування різних сільськогосподарських культур-попередників.

**ДОСЛІД 1:** контроль (soя-soя), кукурудза-soя, соняшник-soя.

**ДОСЛІД 2:** контроль, інокуляція препаратом Регоплант

Посівна площа ділянки складала 0,25 м<sup>2</sup>, облікової – 0,48 м<sup>2</sup>. Повторення дослідів – триразове, розміщення ділянок – систематичне. Попередник – пшениця озима. Технологія вирощування сої була загальноприйнятою для зони Лісостепу.

Відбір зразків ґрунту для проведення мікробіологічних досліджень у лабораторних умовах здійснювався на різних етапах розвитку рослин, а саме в період цвітіння та дозрівання. Для ідентифікації ґрунтових мікроорганізмів та вивчення їх угруповань ми застосовували методики, описані в Державному стандарті [7847:2015]. Процес ізоляції та підрахунку мікроорганізмів проводився за допомогою загальноприйнятих методів, які передбачали висів суспензії ґрунту на поживні середовища.

Для визначення загальної кількості мікроорганізмів у ризосфері сої ми використовували стандартні методики, які передбачали застосування селективних поживних середовищ. Зокрема, для підрахунку загальної чисельності бактерій проводили висів ґрунтової суспензії відповідних розведень на середовище МПА, для культивування мікроміцетів використовували середовище Чапека, для бактерій-амоніфікаторів - середовище МПБ. Чисельність нітрифікуючих бактерій визначали на елективному середовищі С. М. Виноградського, а бактерій-нітрифікаторів - на крохмально-аміачному агарі (КАА). Для виявлення мікроорганізмів, які розкладають целюлозу, застосовували середовище Гетченсона. Отримані результати щодо кількості мікроорганізмів виражалися в колонієутворюючих одиницях (КУО) на 1 г ґрунту.

Ефективність функціонування симбіотичної системи сої, а саме кількість бульбочок, та їх масу проводили відповідно до методики В. В. Волкогона.

Чисельність мікроорганізмів у агрофітоценозі сої та формування її симбіотичного апарату оцінювали у фазі цвітіння та дозрівання рослин. Проби ґрунту з ризосфери сої відбирали у відповідності до загальноприйнятих методик [16].

**Регоплант** - це біостимулятор, який застосовують у вигляді водного розчину. Незважаючи на те, що його доза при обробці тонни насіння або гектара посівів є досить малою, важливо забезпечити рівномірне розчинення препарату в робочому розчині. Для цього воду з Регоплантом та іншими препаратами необхідно ретельно перемішати. Передпосівну обробку насіння цим

біостимулятором проводять безпосередньо в день сівби, дотримуючись всіх вимог, правил безпеки та санітарних норм. Ці роботи потрібно виконувати якісно й оперативно, щоб запобігти набуханню насіння та пошкодженню його оболонок. При передпосівній обробці насіння сої норма витрати Регопланту становить 250 мл/т, а робочого розчину - 10 л/т.

## **РОЗДІЛ 4.**

### **РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ**

Нині широко впроваджуються в агроценозах екологічно безпечні технології вирощування культур, зокрема й бобових: сої, сочевиці, гороху, нуту, чини. Як окремі елементи екологічно-безпечної технології виробництва культур використовують препарати на основі біологічно активних речовин або мікроорганізмів, органічні добрива або мікроелементи. Асортимент таких препаратів щорічно поповнюється новими комерційними видами. Наразі необхідно здійснювати подальший пошук альтернативних можливостей формування продуктивних рослинно-мікробних комплексів та розширювати вивчення механізмів взаємодії мікро- і макро асоціантів та умов їх ефективного функціонування для підтримання стабільності ґрунтової екосистеми та створення умов формування високого рівня врожайності.

#### **4.1. Вплив попередника на особливості мікроценозу ризосфери сої**

Стан біорізноманіття та структура ґрунтової мікрофлори агроценозів великою мірою залежать від систем землеробства, виду агротехнічних заходів та біологічних особливостей тієї чи іншої культури [10]. Збереження та підтримання гомеостазу біорізноманіття педосфери, оптимізація структури мікробіоти ґрунту для формування високого рівня продуктивності культурних рослин та збереження родючості ґрунту є основним завданням при створенні стабільних високопродуктивних агроценозів [11].

В результаті проведених досліджень встановлено, що загальна кількість мікроорганізмів в ризосфері рослин сої залежала від попередника культури в сівозміні та від фази вегетаційного розвитку. (табл. 4.1) На всіх варіантах максимальна кількість мікроорганізмів в ризосфері спостерігалася в фазу

дозрівання. На контролі збільшення кількості (порівняно зі стадією цвітіння) становило  $63,3 \times 10^6$ , з попередника « кукурудза » – на  $67,9 \times 10^6$ , з попередником соняшник – на  $69,1 \times 10^6$ . Такий попередник, як кукурудза сприяв збільшенню мікроорганізмів, порівняно з контролем та варіантом, де попередником був соняшник (табл. 4.1.). Їх кількість перевищувала контроль в фазу цвітіння на 28,6%, та наприкінці вегетації – на 34,5%.

Таблиця 4.1

**Кількість мікробних клітин у ризосферному ґрунті соняшнику на різних етапах розвитку рослин сої залежно від попередників,  $\times 10^6$  КУО**

| Варіанти  | Фази вегетації сої |                 |
|-----------|--------------------|-----------------|
|           | Початок цвітіння   | дозрівання      |
| К         | 23,7 $\pm$ 4,1     | 87,0 $\pm$ 7,1  |
| кукурудза | 54,2 $\pm$ 6,1     | 122,1 $\pm$ 5,1 |
| соняшник  | 27,1 $\pm$ 2,1     | 96,2 $\pm$ 3,1  |

Рослини сої впродовж життєвого циклу взаємодіють з великою кількістю мікроорганізмів та різноманітними їх видами, які й формують мікроценоз ризосферної зони. Зростання кількісного складу мікрофлори до стадії дозрівання може бути зумовлене, за специфічної дії попередника (соняшник-кукурудза), утворенням додаткової площі кореневої системи рослин та більш інтенсивним процесом виділення продуктів метаболізму рослини в зону кореня, які є необхідними для реалізації трофічних потреб мікробних угруповань.

Вплив виду культурної рослини на прикореневу зону та на ґрунт в цілому виявляється в неоднаковому та нерівномірному надходженні органічних решток, які, зазвичай, відрізняються за кількісними та якісними характеристиками. На рівні мікробіоти це може виявлятися в мінливості структури мікроугруповань, якісному складі мікробіоти, а також інтенсивності біологічних процесів, що відбуваються в ґрунті.

Якщо розглядати тільки особливості впливу культурної рослини, то встановлено, що в ґрунті формується мікробне угруповання з певним видовим асортиментом мікроорганізмів. Разом з тим, за впливу чергування культур у сівозміні та різних технологій їх вирощування в агроecosистемі відбуваються перегруповування і у структурі мікробного ценозу .

Основною причиною зміни мікробних асоціацій в монокультурі є тривале нагромадження однотипових рослинних решток та корневих виділень рослин. Як показали наші дослідження, більш сприятливі умови для ґрунтової мікробіоти створюються в агроценозі сої за вирощування її в сівозміні після кукурудзи. В цьому варіанті фіксували найвищу кількість представників всіх еколого-трофічних груп бактерій. Чисельність амоніфікаторів перевищувала контроль на 53%, нітрифікаторів – на 47%, целюлозоруйнівних – на 9% .(табл. 4.2, Рис.4.1.).

Таблиця 4.2

**Трофічні групи мікроорганізмів ризосфери соняшнику залежно від попередників (фаза цвітіння)**

| Варіанти  | Трофічні групи мікроорганізмів         |  |   |  |
|-----------|--|--|---|--|
|           | Амоніфікатори,<br>×10 <sup>6</sup> КУО | Нітрифікатори<br>10 <sup>6</sup> КУО/г | Целюлозо-<br>деструктори, ×10 <sup>6</sup><br>КУО | Мікроскопічні<br>гриби, ×10 <sup>3</sup><br>КУО/г ґрунту |
| К         | 4,3                                    | 4,7                                    | 15,4  | 39   |
| кукурудза | 6,6                                    | 6,9                                    | 16,8  | 37   |
| соняшник  | 4,0                                    | 5,1                                    | 12,7  | 54   |

Аналіз мікроорганізмів у ризосфері сої засвідчив зростання чисельності мікроорганізмів-нітрифікаторів, що може вказувати на активацію в ґрунті трансформаційних процесів. Водночас важливе значення в ґрунті відіграють мікроорганізми, що відповідають за розкладання целюлози, проте їх розвиток у ризосфері рослин є цілком залежним від особливостей рослинних решток рослин.

Що стосується такого попередника, як соняшник, то було відмічено зростання кількості мікроскопічних грибів ( $54 \times 10^3$ ) – на 38% - порівняно до контролю.

**а****б****в**

**Рис 4.1. Групи бактерій: а. амоніфікуючі, б. нітрифікатори  
в. целюлоторуйнівні**

Таким чином, застосування як попередника кукурудзи сприяє збільшенню чисельності, амоніфікуючих, нітрифікуючих та целюлоторуйнівних бактерій, тоді як попередник соняшник сприяє розвитку мікроміцетів.

З метою визначення домінуючих напрямків та інтенсивності мікробіологічних перетворень в ґрунтовому середовищі розраховували

показники (коефіцієнти) оліготрофності, а також не менш важливий показник – показник педотрофності. (табл.4.3).

Таблиця 4.3.

### Характеристика мікробіологічних процесів у ґрунті за різних попередників

| Варіанти  | Коефіцієнт педотрофності | Коефіцієнт оліготрофності |
|-----------|--------------------------|---------------------------|
| К         | 0,27                     | 0,38                      |
| кукурудза | 1,5                      | 1,97                      |
| соняшник  | 0,47                     | 2,27                      |

Результати, наведені в таблиці 4.3, свідчать про те, що значення коефіцієнтів (показників) педотрофності й оліготрофності були відмінними, що обумовлювалось особливостями культури-попередника в ротації.

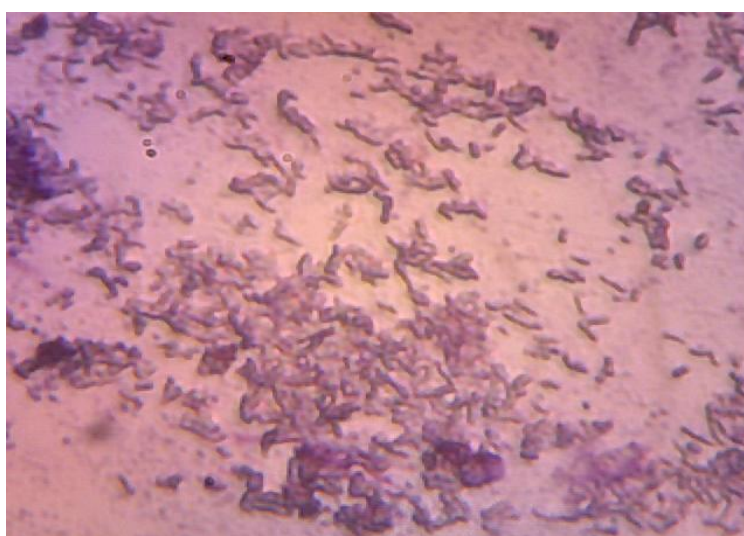
Підвищене значення коефіцієнта педотрофності вказує на активізацію процесів мінералізації органічних сполук та інтенсифікацію деструкції органічної речовини в ґрунтовому середовищі. Такі умови формуються в ризосферній зоні сої, особливо у випадку, коли попередником була кукурудза (показник педотрофності - 1,5). Зростання коефіцієнта оліготрофності, в свою чергу, є індикатором зменшення вмісту органічних речовин у ґрунті. На тому ж варіанті з кукурудзою як попередником цей показник становить 1,97.

Важливим компонентом ризосфери бобових культур є азотфіксуючі бактерії, мутуалістичні зв'язки з ризобіями забезпечують цим рослинам значні переваги перед іншими культурами: зменшується їх залежність від наявності сполук азоту в ґрунті, підвищується резистентність до дії стресогенних факторів довкілля та деяких патогенів. З цієї причини дослідники приділяють значну увагу вивченню закономірностей формування мутуалістичних систем різних видів бобових рослин із бульбочковими бактеріями (родина *Rhizobiaceae*). В наших дослідках була виявлена залежність симбіотичної активності рослин сої від попередника (табл. 4.4.)

Таблиця 4.4

**Симбіотична активність рослин сої залежно від попередника**

| Варіанти  | Симбіотична активність |                |
|-----------|------------------------|----------------|
|           | Кількість бульбочок    | Маса бульбочок |
| К         | 20                     | 0,75           |
| кукурудза | 40                     | 1.0            |
| соняшник  | 32                     | 0.8            |
| НСР005    | 1.6                    | 0.2            |

**Рис. 4.2. Бульбочкові бактерії сої (фаза цвітіння)**

Кількість бульбочок перевищувала контроль за обох попередників: в 2 рази (кукурудза) та 1,5 рази (соняшник). Ця ж закономірність була відмічена і у відношенні маси бульбочок. Очевидно, що пригнічення формування симбіотичного апарату сої на фоні застосування такого попередника, як соняшник може призводити до гальмування певних гідрофобних сайтів зв'язування в молекулах протеїнів, що створює конкуренцію за подібні сайти зв'язування з іншими хімічними речовинами та веде до змін у функціонуванні симбіозу «soя-бульбочкові бактерії».

## 4.2. Вплив інокуляції на особливості мікроценозу ризосфери сої

Нині на основі стратегії сумісного застосування біопрепаратів з штамми корисних гетеротрофних мікроорганізмів різної функціональної дії для посилення азотфіксації та мобілізації фосфору, рістстимуляції, захисту від патогенів та підвищення продуктивності агроценозів розроблено різноманітні технологічні підходи. Одним з таких технологічних заходів, що довів свою доцільність є інокуляція насіння біологічними препаратами.

Результати проведених досліджень показують, що загальна чисельність мікроорганізмів ризосфери, що використовують для живлення органічні форми азоту, за інокуляції насіння сої Регоплантом перевищувала контроль в середньому в 2,3 рази. (табл.4.5)

Таблиця 4.5

### Загальна кількість мікроорганізмів ризосфери сої залежно від інокуляції ( $\times 10^6$ КУО/г ґрунту)

| Варіанти  | Фази вегетації   |                 |
|-----------|------------------|-----------------|
|           | Початок цвітіння | дозрівання      |
| К         | 27,1 $\pm$ 2,1   | 55,4 $\pm$ 6,1  |
| Регоплант | 64,0 $\pm$ 6,1   | 130,1 $\pm$ 2,1 |

Така закономірність спостерігалася як в фазу цвітіння, так і в фазу досягання.

Інокуляція препаратом Регоплант сприяла формуванню оптимальних умов для розвитку мікроорганізмів в зоні ризосфери сої.

Разом з тим дослідження показали, що чисельність основних екологічно-трофічних груп мікроорганізмів в ґрунті контролюється біопрепаратом (табл. 4.6.).

Таблиця 4.6

### Вплив культур-попередників на чисельність мікробних угруповань різних трофічних груп у ризосферному ґрунті соняшнику в період цвітіння

| Варіанти           | Групи мікроорганізмів                         |                          |  |                                |
|--------------------|---|--------------------------|--|--------------------------------|
|                    | Бактерії-амоніфікатори, $\times 10^6$ КУО/Г Г | Бактерії - нітрифікатори | Бактерії-целюлозоруйнівні, $\times 10^6$ КУО/Г | Мікроміцети, $\times 10^3$ КУО |
| К                  | 2,3   | 3,7                      | 15,4   | 39,4                           |
| Регоплант          | 5,6   | 6,1                      | 21,1   | 44,1                           |
| НСР <sub>005</sub> | 0,2   | 1,2                      | 0,3  | 12,3                           |

Аналіз результатів, представлених у таблиці, показує, що при застосуванні препарату Регоплант чисельність бактерій-амоніфікаторів та нітрифікаторів зросла в 2,5 рази порівняно з контрольним варіантом. Водночас кількість мікроміцетів залишалася практично на тому ж рівні, що й у контролі. Інтенсивність розвитку целюлозоруйнівних мікроорганізмів у ризосфері сої безпосередньо залежить від швидкості деструкції (розкладення) корневих залишків та є індикатором загальної біологічної активності ґрунтового середовища. Застосування інокуляції насіння сої Регоплантом забезпечило зростання чисельності целюлозоруйнівних мікроорганізмів відносно контрольного варіанта на 37 %.

Провідним показником, який застосовують для оцінки симбіотичної активності сої за інокуляції біологічними препаратами є кількість та маса бульбочок. (табл. 4.7., рис. 4.3)

### Симбіотична активність рослин сої залежно від інокуляції

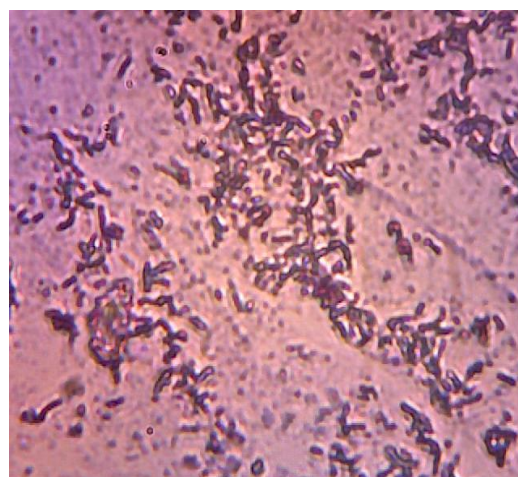
| Варіанти  | Симбіотична активність |                |
|-----------|------------------------|----------------|
|           | Кількість бульбочок    | Маса бульбочок |
| К         | 28,1/26,8              | 0,43/0,42      |
| Регоплант | 36,3/36,8              | 0,48/0,42      |

\* Примітка: у верхній частині дробу наведено загальну кількість корневих бульбочок (виражену в штуках на одну рослину), тоді як у нижній частині дробу представлено кількість функціонально активних бульбочок (також у штуках на рослину).

Проаналізувавши ці характеристики ми виявили, що формування бульбочок і їх маси залежало від інокуляції насіння. За дії біологічного препарату кількість бульбочок зростала на 8,1 шт., а їх маса – на 0,05 г.



**а**



**б**

**Рис. А. Бульбочки на корнях сої ( зліва-контроль, справа- Регоплант)  
Б. бульбочкові бактерії під мікроскопом**

Такі результати свідчать про позитивну дію інокуляції насіння препаратом Регоплант, завдяки якому сформувалися сприятливі умови для розвитку рослин сої, утворення ними активних бульбочок, підвищення симбіотичної активності.

### 4.3. Урожайність сої залежно від попередника та інокуляції

Нові технології вирощування сої включають такі елементи, як: високопродуктивні сорти, особливості підготовки насіння до висіву, сівозміна, обробіток ґрунту, сівба тощо. Завдяки біологічним особливостям соя є одним з найкращих попередників для інших культур в сівозміні – зернових, кормових та технічних. Завдяки здатності до біологічної трансформації азоту соя збагачує ґрунт на цей елемент, поліпшує структуру ґрунту. Проте зростання частки сої в структурі посівних площ може спровокувати накопичення патогенів та шкідників, токсичних речовин в ґрунті, призводити до негативних наслідків.

Найбільш важливим інтегральним показником, який демонструє результативність створення, впровадження та оптимізації компонентів технології культивування будь-якої аграрної культури, є досягнення її найвищої продуктивності при збереженні високих стандартів якості отриманої продукції. (табл. 4.8)

Таблиця 4.8

#### Урожайність насіння сої залежно від попередника та передпосівної обробки насіння

| Варіант     | Урожайність, |             |       |
|-------------|--------------|-------------|-------|
|             | т/га         | до контролю |       |
|             |              | %           | т/га  |
| попередники |              |             |       |
| контроль    | 2,18         |             |       |
| кукурудза   | 2,54         | 16,5        | +0,36 |
| соняшник    | 2,14         | 0,2         | -0,04 |
| НІР0,5      | 0,21         |             |       |
| інокуляція  |              |             |       |
| контроль    | 2,21         |             |       |
| Регоплант   | 2,66         | 20,4        | +0,45 |

|                     |      |  |  |
|---------------------|------|--|--|
| НІР <sub>0,05</sub> | 0,36 |  |  |
|---------------------|------|--|--|

Аналіз показників урожайності насіння сої показує, що максимальна врожайність рослин була забезпечена в варіанті з попередником «кукурудза»: перевищення контролю було на 16,5%, тоді як після соняшнику – врожайність була нижчою, ніж на контролі.

Відмічено позитивний вплив інокуляції насіння сої на формування врожайності. За обробки біологічним препаратом Регоплант врожайність зростає на 20,4% або на 0,45 т/га. Компоненти препарату стимулюють фізіолого-біохімічні процеси, знижують кількість фітопатогенних мікроорганізмів в ризосфері, вегетативний і генеративний розвиток рослин, що в цілому забезпечує отримання якісної та екологічно безпечної рослинної продукції та підвищення рівня врожайності.

Таким чином, застосування біопрепарату відкриває нові можливості для зростання врожайності та якості продукції сої, з урахуванням збереження екосистеми ґрунту та зменшення негативного впливу на навколишнє середовище. Впровадження нових елементів технологій вирощування сої може значно покращити якість та кількість врожаю, забезпечуючи отримання якісної та екологічно безпечної рослинної продукції.

## ВИСНОВКИ

Дослідження впливу елементів технології вирощування на еколого-трофічну структуру ризосферної мікробіоти сої та формування врожайності дає підставу зробити такі висновки:

1. Визначено, що застосування в сівозміні, як попередника, кукурудзи сприяє збільшенню загальної чисельності різних еколого-трофічних груп бактерій, тоді як попередник соняшник сприяє розвитку мікроміцетів.
2. Встановлено, що більш сприятливі умови для розвитку мікробіоти ґрунту створюються в агроценозі сої за вирощування її в сівозміні після кукурудзи, де чисельність амоніфікаторів перевищувала контроль на 53%, нітрифікаторів – на 47%, целюлозоруйнівних – на 9%
3. Виявлено, що кількість бульбочок перевищувала контроль за обох попередників: в 2 рази (кукурудза) та 1,5 рази (соняшник). Ця ж закономірність була відмічена і у відношенні маси бульбочок. Відмічено деяке пригнічення формування симбіотичного апарату сої на фоні застосування такого попередника, як соняшник.
4. Визначено, що чисельність основних еколого-трофічних груп мікроорганізмів в ґрунті контролюється біологічним препаратом Регоплант: зростає чисельність целюлозоруйнівних мікроорганізмів на 37%, кількість бактерій-амонікаторів та нітрифікаторів збільшується в 2,5 рази.
5. Встановлено, що інокуляція насіння препаратом Регоплант сприяє зростанню нодулярного апарату рослин: кількості бульбочок та їх маси на 8,1 шт, та на 0,05 г відповідно.
6. Досліджено, що максимальна в досліді врожайність досягнута після попередника такого попередника, як кукурудза (2,54 т/га): перевищення контролю становило 16,5%. Інокуляція насіння сої біологічним препаратом Регоплант також позитивно вплинула на формування

врожайності, її рівень становив 2,66 т/га (на 20,4% або на 0,45 т/га вище за контроль).

### **ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ**

Для забезпечення високих та стабільних врожаїв сої в умовах Лісостепу України рекомендуємо використовувати елементи технології вирощування, що включають:

- сівбу насінням, яке інокульоване мікробіологічним препаратом Регоплант,
- розміщення сої в сівозміні після кукурудзи як попередника.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Адаптивна технологія вирощування сої у Східному Лісостепу України : монографія. Харків : ХНАУ, 2016. 268 с.
2. Бахмат О.М., Чинчик О.С. Вплив агротехнічних заходів на продуктивність сої в умовах західного регіону України. *Корми і кормовиробництво*. 2010. № 66. С. 103-108.
3. Білявська Л.Г., Білявський Ю.В. Взаємодія сучасних сортів сої з біопрепаратами комплексної дії та її вплив на урожайність. *Мікробіологічний журнал*. 2016. № 3. С. 61–68
4. Бровко І.С., Тітова Л.В., Іутинська Г.О., Сухачова М.В., Кравченко І.К. Ідентифікація та азотфіксувальна активність неризобіальних бактерій із бульбочок сої // Наукові записки ТНПУ ім. В. Гнатюка // Наукові записки ТНПУ ім. В. Гнатюка. Гнатюка. Серія: Біологія. - 2014. - № 3 (60). - С. 52-55.
5. Волкогон В. В., Комок М. С. Ефективність симбіозу бульбочкових бактерій з рослинами сої. *Бюлетень Інституту зернового господарства НААН*. 2010. № 39. С. 89-93.
6. Волкогон В.В., Надкернична О.В., Токмакова Л.М. та ін. Експериментальна ґрунтова мікробіологія / за ред. В.В. Волкогона. Київ: Аграрна наука, 2010. 464
7. Вплив ендofітних бактерій сої на формування соєво-ризобіального симбіозу і ризосферне мікробне угруповання / І. С. Бровко, Л. В. Тітова, Г. О. Іутинська // *Мікробіологія і біотехнологія*. - 2015. - № 4. - С. 36-45. - Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/MiB\\_2015\\_4\\_6](http://nbuv.gov.ua/UJRN/MiB_2015_4_6)
8. Гадзовський Г. Л., Новицька Н. В. Формування урожайності сої під впливом інокуляції та підживлення. *Миронівський вісник*. 2018. С. 113.

9. Городиська І. М., Ліщук А.М., Чуб. А. О., Монарх В. В. Особливості органічного насінництва сої в контексті євроінтеграції України. *Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету*. 2018. № 9. С. 89–101
10. Григор'єва О. М. Продуктивність сої залежно від агротехнічних заходів її вирощування в умовах Північного Степу України. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України*. 2014. Вип. 21. С. 115–121.
9. 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.
11. Дідора В. Г., Смаглий О. Ф., Ермантраут Е. Р. Методика наукових досліджень в агрономії. Київ: «Центр учбової літератури». 2013. 264 с
12. ДСТУ 7847:2015. Якість ґрунту. Визначення чисельності мікроорганізмів у ґрунті методом посіву на тверде (агаризоване) живильне середовище. [Чинний від 1.07.2016]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2016. 181 с.
13. Інноваційні технології у рослинництві: проблеми та їх вирішення: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції. 7-8 червня 2018 р. Житомир: Рута, 2018. С. 160-164.
14. Камінський В. Ф., Пиндус В. В. Ефективність бактеризації насіння у технології вирощування сої за органічної системи землеробства. *Корми і кормо виробництво*. 2013. Вип. 77. С. 153-158.
15. Карпенко В. П., Івасюк Ю. І., Грицаєнко З. М. Особливості розвитку еколого-трофічних груп мікроорганізмів ризосфери сої за використання гербіциду Фабіан, регулятора росту рослин Регоплант і мікробіологічного препарату Ризобофит. *Вісник Дніпропетровського державного агроєкономічного університету*. 2016. № 4 (42). С. 29–33
16. Ласло О. О., Пономаренко В. В. Особливості передпосівної обробки сої інокулянтами у суміші з мікродобривами. Актуальні питання сучасних

- технологій вирощування сільськогосподарських культур в умовах змін клімату. Збірник наукових праць всеукраїнської науково-практичної конференції. Тернопіль. Крок. 2017. С. 91–92.
17. Марущак О. Вирощування сої з інокулянтами. *Агроном*. 2013. № 1. С. 152–153.
18. Мельник А. В., Романько Ю. О. Урожайність насіння сої залежно від технології вирощування в умовах лівобережного лісостепу України. *Вісник Сумського національного аграрного університету*. Вип. 2 (31). 2016. С. 131–135.
19. Міхеєв В. Г. Вплив регуляторів росту й інокуляції насіння на продуктивність фотосинтезу посівів сої. *Вісник ЦНЗ АПВ*. 2012. Вип. 13. С. 172–179.
20. Міхеєв В. Г. Продуктивність сої залежно від застосування регуляторів росту, десикації та сенікації посівів в умовах лівобережного лісостепу України Спеціальність – 06.01.09 –
21. Монарх В. В., Городиська І. М., Ліщук А. М., Чуб А. О. Особливості органічного насінництва сої в контексті євроінтеграції України. Збірник наукових праць. *Сільське господарство та лісівництво*. 2018. №9. С. 89–101.
22. Мосьондз Н. П. Формування продуктивності сої залежно від технологічних заходів вирощування в умовах північної частини Лісостепу. *Землеробство*. Вип. 1-2. 2014. С. 74-77.
23. Огурцов Є. М., Міхеєв В. Г., Белінський Ю. В., Клименко І. В., Павленко Г. В. Ефективність мінеральних добрив та біопрепаратів у технології вирощування сої в Лісостепу. *Вісник аграрної науки*. 2012. № 11. С. 68–69. Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/vaan\\_2012\\_11\\_19](http://nbuv.gov.ua/UJRN/vaan_2012_11_19)
24. Патица В. П. Фенотипні та генотипні ознаки бульбочкових бактерій сої, поширених у ґрунтах України. *Доповіді Національної академії наук України*. 2010. № 8. С. 167–172. Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/dnanu\\_2010\\_8\\_29](http://nbuv.gov.ua/UJRN/dnanu_2010_8_29)

- 25.Патика В. П., Гнатюк Т. Т., Булеца Н. М. Біологічний азот у системі землеробства. *Землеробство*. 2015. № 2. С. 12–20.
- 26.Пауко О.В, Гончар Т. В., Паршикова Т.В.. Перспективність використання азот фіксуючих мікроорганізмів та водоростей для підтримання екологічно стійких агроecosистем/ *Агроєкологічний журнал*. – 2009. – № 2. – С. 82-83
- 27.Пиндус В. В. Азотфіксувальна здатність сої за органічного вирощування в Правобережному Лісостепу. Збірник наукових праць Національного наукового центру «Інститут землеробства НААН». 2013. Вип. 1-2. С. 109–114. Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/znpzeml\\_2013\\_1-2\\_16](http://nbuv.gov.ua/UJRN/znpzeml_2013_1-2_16)
- 28.Поляков О. І., Нікітенко О. В. Формування елементів продуктивності та врожайності сортів сої під впливом застосування біостимуляторів росту. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2011. Вип. 16. С. 112–116. Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/znpioik\\_2011\\_16\\_22](http://nbuv.gov.ua/UJRN/znpioik_2011_16_22)
- 29.Романько Ю. Вплив кліматичних чинників на реалізацію потенціалу сої різних груп стиглості в умовах північно-східного Лісостепу України. *Вісник Львівського національного аграрного університету*. 2009. № 13. С. 379–388.
- 30.Сергієнко В. Інокулянти та регулятори росту рослин у технологіях вирощування сої. Режим доступу <http://agrobusiness.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/638-inokulianty-tarehuliatory-rosturoslyn-u-tekhnohiiakh-vyroshchuvannia-soi.html>
- 31.Темрієнко О .О. Вплив бактеризації та позакореневих підживлень на формування урожайності насіння сої в умовах Лісостепу правобережного.
- 32.Циганський В. І., Циганська О. І. Вплив мінеральних добрив та способів використання комплексу мікроелементів на висоту рослин сої. Збірник наукових праць ВНАУ «Сільське господарство та лісівництво». 2019. 15. С. 83–93.
- 33.Шевніков М. Я. Кулібаба М. Ю. Урожайність та якість насіння сої залежно від строків сівби і використання біопрепаратів. *Вісник Полтавської*

- державної аграрної академії. 2013. № 3. С. 41–44. Режим доступу:  
[http://nbuv.gov.ua/UJRN/VPDAA\\_2013\\_3\\_8](http://nbuv.gov.ua/UJRN/VPDAA_2013_3_8)
34. Шевніков М. Я., Кулібаба М. Ю. Урожайність та якість насіння сої залежно від строків сівби і використання біопрепаратів. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2013. № 3. С. 41–44
35. Шерстобоєва О. В. Роль мікробіологічних препаратів у підвищенні продуктивності рослин екологічно безпечними засобами Физиология и биохимия культурных растений. – 2004. – № 3. – С. 229-238.
36. Abisado R.G., Venomar S., Klaus J.R., Dandekar A.A., Chandler J.R. (2018) Bacterial quorum sensing and microbial community interactions. *mBio* 9(3):e02331–e02317
37. Cerna B. Functional groups of soil microbial community / B. Cerna, D. Elhottova, H. Santruckova // International Symposium on «Structure and Function of Soil Microbiota». – 2003. – P. 3-6. 3.
38. Gabriel P. et al. Biotechnological potential of soybean plant growth-promoting rhizobacteria. *Revista Caatinga*. 2021. Vol. 34. P. 328–338.
39. Grządziel J. Functional redundancy of soil microbiota—does more always mean better? *Polish J. Soil Sci.*, 50 (2017), p. 75
40. Kuzyakov Y, Blagodatskaya E (2015) Microbial hotspots and hot moments in soil: concept & review. *Soil Biol Biochem* 83:184–199
41. Liu L., Wu L., Eickhorst T Accumulation of Cry1Ab/Ac proteins released from transgenic Bt-rice in the rhizosphere of a paddy soil *Rhizosphere*, 6 (2018), pp. 39-46
42. Mupondi L., Mnkeni P., Brutsch M. The effects of goat manure, sewage sludge and effective microorganisms on the composting of pine bark *Compost Sci. Util.*, 14 (2006), pp. 201-210
43. Lareen A, Burton F, Schäfer P (2016) Plant root-microbe communication in shaping root microbiomes. *Plant Mol Biol* 90:575–587

44. Lay CY, Bell TH, Hamel C, Harker KN, Mohr R, Greer CW, Yergeau É, St-Arnaud M (2018) Canola root-associated microbiomes in the Canadian prairies. *Front Microbiol* 9:1188
45. Agler M.T., Ruhe J., Kroll S., Morhenn C., Kim S.-T., Weigel D., Kemen EM Microbial hub taxa link host and abiotic factors to plant microbiome variation *PLoS Biol.* (2016), p. 14
46. Malusà E, Pinzari F, Canfora L (2016) Efficacy of biofertilizers: challenges to improve crop production. In: Singh DP, Singh HB, Prabha R (eds) *Microbial inoculants in sustainable agricultural productivity*. Springer, Mumbai, pp 17–40.
47. Meena KK, Sorty AM, Bitla UM, Choudhary K, Gupta P, Pareek A, Singh DP, Prabha R, Sahu PK, Gupta VK, Singh HB, Krishanani KK, Minhas PS (2017) Abiotic stress responses and microbe-mediated mitigation in plants: the omics strategies. *Front Plant Sci* 8:172
48. Meyer SLF, Everts KL, McSpadden Gardener B, Masler EP, Abdelnabby HME, Skantar AM (2016) Assessment of DAPG-producing *Pseudomonas fluorescens* for management of *Meloidogyne incognita* and *Fusarium oxysporum* on watermelon. *J Nematol* 48(1):43–53
49. Mohanram, S., Kumar, P. Rhizosphere microbiome: revisiting the synergy of plant-microbe interactions. *Ann Microbiol* **69**, 307–320 (2019). <https://doi.org/10.1007/s13213-019-01448-9>.
50. Mueller UG, Sachs JL (2015) Engineering microbiomes to improve plant and animal health. *Trends Microbiol* 23(10):606–617
51. Otieno N., Lally R.D., Kiwanuka S., Lloyd A., Ryan D., Germaine K.J., Dowling DN Plant growth promotion induced by phosphate solubilizing endophytic *Pseudomonas* isolates *Front. Microbiol.*, 6 (2015), p. 745
52. Pérez-Jaramillo JE, Carrión VJ, Bosse M, Ferrão LFV, de Hollander M, Garcia AAF, Ramírez CA, Mendes R, Raaijmakers JM (2017) Linking rhizosphere microbiome composition of wild and domesticated *Phaseolus vulgaris* to genotypic and root phenotypic traits. *ISME J* 11(10):2244–2257

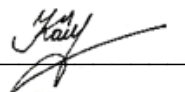
53. Peiffer J.A., A. Spor, O. Koren, Z., Jin, S.G. Tringe, J.L. Dangl, E.S. Buckler, Ley R.E. Diversity and heritability of the maize rhizosphere microbiome under field conditions *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 110 (2013), pp. 6548-6553
54. Shi T-Q, Peng H, Zeng S-Y, Ji R-Y, Shi K, Huang H, Ji X-J (2017) Microbial production of plant hormones: opportunities and challenges. *Bioengineered* 8(2):124–128
55. Wu L, Kobayashi Y, Wasaki J, Koyama H (2018) Organic acid excretion from roots: a plant mechanism for enhancing phosphorus acquisition, enhancing aluminum tolerance, and recruiting beneficial rhizobacteria. *Soil Sci Plant Nutr* 64(6):697–704
56. Ma X. , Mau M., Sharbel TF Genome editing for global food security *Trends Biotechnol.*, 36 (2018), pp. 123-127.
57. Yeschenko V. Biological agriculture :nature and conditions of use / V. Yeschenko, V. Oprishko, S. Usik // *Herald of Uman National University of Horticulture.* – 2012. – № 1-2. – P. 21-26
58. Yurgel SN, Douglas GM, Dusault A, Percival D, Langille MGI (2018) Dissecting community structure in wild blueberry root and soil microbiome. *Front Microbiol* 9:1187
59. Zheng QU, Yue-han LI, Wei-hui XU, Wen-jing CHEN, Yun-long HU, Zhi-gang WANG, Different genotypes regulate the microbial community structure in the soybean rhizosphere, *Journal of Integrative Agriculture*, Volume 22, Issue 2, 2023, Pages 585-597, ISSN 2095-3119, <https://doi.org/10.1016/j.jia.2022.08.010>.
60. Zorner P, Farmer S, Alibek K (2018) Quantifying crop rhizosphere microbiome ecology: the next frontier in enhancing the commercial utility of agricultural microbes. *Ind Biotechnol (New Rochelle NY)* 14(3):116–119

## ДОДАТКИ

**ДОДАТОК А****Декларація академічної доброчесності**

Я, Аліна Юріївна Кашенецька, студентка групи ЕКО 2001-1 Сумського національного аграрного університету зобов'язуюсь дотримуватися принципів академічної доброчесності під час виконання кваліфікаційної роботи. Я поінформована, що у разі порушення мною академічної доброчесності під час виконання кваліфікаційної роботи повинен/нна буду нести академічну та/або інші види відповідальності і до мене можуть бути застосовані заходи дисциплінарного характеру за порушення академічної доброчесності та етики академічних взаємовідносин, в тому числі, кваліфікаційна робота може бути анульована з наступним відрахуванням із університету. Також усвідомлюю, що до мене у майбутньому може бути застосована процедура позбавлення ступеня вищої освіти та відповідної кваліфікації, якщо свідомо вчинене порушення академічної доброчесності не буде виявлено під час перевірки кваліфікаційної роботи на наявність текстових запозичень відповідно до встановленої в університеті процедури з використанням ліцензованих програмних продуктів. Підтверджую, що робота виконана мною самостійно, не містить академічного плагіату. Зокрема, у моїй роботі немає запозичення текстів, ідей чи розробок, результатів досліджень інших авторів без посилань на них, у тому числі буквального перекладу з іноземних мов чи перефразування, що видаються за свій текст, вирваних із контексту тверджень, цитат без лапок, фабрикації (вигаданих) даних чи фальсифікації (вигаданих і модифікованих на догоду бажаному висновку) результатів досліджень.

Аліна КАШЕНЕЦЬКА:



## ДОДАТОК Б

## Рекомендована форма самооцінювання кваліфікаційної роботи здобувачем

| Критерій   | Рівень |   |   | Коментар |
|--|--------|---|---|----------|
| Огляд літератури побудовано навколо основної проблеми, використано найактуальніші сучасні дослідження за темою, чітко відображено зв'язок між завданнями, поставленими в роботі, та попередніми дослідженнями.   |        |   | + |          |
| Надана конкретна та точна інформація про методи та дані (кількість, температура, тривалість, послідовність, умови, розташування, розміри тощо), методи пов'язані з іншими дослідженнями.   |        | + |   |          |
| Наведено конкретні результати з поясненнями та аналізом, порівняння з результатами інших досліджень, показано чіткий зв'язок проблеми з отриманими результатами.   |        | + |   |          |
| Надано пропозиції щодо удосконалення, що підкріплено відповідними обґрунтуваннями (прогноз, модель тощо).  |        |   | + |          |
| Висновки містять зв'язок з найважливішими аспектами попередніх розділів, підсумок ключових результатів, продемонстровано зв'язок між цією роботою та наявними дослідженнями зосереджена увага на суттєвих результатах, зазначено їх можливе застосування; подано обмеження, на які слід спрямувати майбутні дослідження. |        |   | + |          |
| Перелік посилань є повним та достатнім для вирішення завдань дослідження.  |        | + |   |          |
| Робота оформлена повністю відповідно до вимог.   |        |   | + |          |
| Робота не містить друкарських та граматичних помилок.  |        | + |   |          |

Аліна КАШЕНЕЦЬКА: 