

**МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

06.01 – МКР. 2188 «С». 2023.11.29. 030 ПЗ

**СУХОРЕБРИЙ АНДРІЙ ВОЛОДИМИРОВИЧ**

2024

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ  
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

**Факультет захисту рослин, біотехнологій та екології**

УДК 632.4:631.46:633.34

**ПОГОДЖЕНО**  
Декан факультету  
захисту рослин, біотехнологій та  
екології

**ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ**  
Завідувач кафедри  
Завідувач кафедри фітопатології  
імені академіка В.Ф. Пересипкіна

\_\_\_\_\_ **Коломієць Ю.В.**  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2024 р.

\_\_\_\_\_ **Гентош Д.Т.**  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2024 р.

**МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

на тему: «Дослідження ролі ґрунтових сапротрофних мікроміцетів у захисті рослин сої від збудників корневих хвороб»

Спеціальність 202 Захист і карантин рослин

Освітня програма «Карантин рослин»

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна

Гарант освітньої програми \_\_\_\_\_ к.с.-г. н., доцент  
(підпис)

**Сикало О.О.**  
(ПІБ)

Керівник кваліфікаційної роботи \_\_\_\_\_ д.с.-г. н., професор,  
академік НААН  
підпис)

**Патика М.В.**  
(ПІБ)

Виконав(ла)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

**Сухоробрий А.В.**  
(ПІБ)

**КИЇВ-2024**

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ****І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

**Факультет захисту рослин, біотехнологій та екології**  
**Кафедра фітопатології імені академіка В.Ф. Пересипкіна**  
**Освітній ступінь «Магістр»**  
**Спеціальність 202 Захист і карантин рослин**  
**Освітня програма Карантин рослин**

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

**Завідувач кафедри фітопатології**  
**імені академіка В.Ф. Пересипкіна**  
кандидат сільськогосподарських наук  
**Гентош Д.Т.**

“\_\_” \_\_\_\_\_ 2024 р.

**З А В Д А Н Н Я**  
**НА ВИПУСКНУ МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ**  
**СТУДЕНТУ**

**СУХОРЕБРІЙ АНДРІЙ ВОЛОДИМИРОВИЧ**

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Дослідження ролі ґрунтових сапротрофних мікроміцетів у захисті рослин сої від збудників корневих хвороб»

Керівник роботи (проєкту) Патика Микола Володимирович

затверджена наказом ректора НУБіП України від 29 листопада 2023 року

Строк подання студентом завершеної роботи \_\_\_\_\_ ?

2. Вихідні дані до магістерської роботи різні літературні джерела за темою досліджень, \_\_\_\_\_ власні \_\_\_\_\_ експериментальні дослідження

3. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

- Охарактеризувати мікроміцетний фітопатогенний комплекс кореневої зони рослин сої (*Glycine max* (L.) Merr.) та розвиток симптомів захворювання рослин на фузаріоз та альтернаріоз.
- Провести морфологічний та мікробіологічний аналіз колоній та конідій виділених фітопатогенів *Fusarium gibbosum* 34 і *Alternaria consortiale* 38.
- Визначити та описати локалізацію збудників корневих хвороб у рослинах сої (*Glycine max* (L.) Merr.), їх фітотоксичну активність.
- Оцінити патогенність найбільш шкідливих збудників корневих хвороб

сої (у модельному вегетаційному досліді на прикладі *Fusarium gibbosum* і *Alternaria consortiale*).

#### 4. Консультанти розділів роботи (проекту)

| Розділ                                     | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата   |                  |
|--|---|----------------|------------------|
|  |   | завдання видав | завдання прийняв |
| 1. Огляд літератури                        |   |                |                  |
| 2. Матеріали та методи досліджень          |   |                |                  |
| 3. Результати досліджень та їх обговорення |   |                |                  |
| 4. Загальні висновки                       |   |                |                  |
| 5. Список використаних джерел              |   |                |                  |

5. Дата видачі завдання «\_\_» \_\_\_\_\_ 2024 р.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів випускної роботи   | Строк виконання етапів роботи | Примітка |
|-------|---|-------------------------------|----------|
| 1     | Узагальнення сучасних відомостей згідно тематичного напрямку досліджень (аналіз літературних джерел, інформаційний пошук).  |                               |          |
| 2     | Підбір методик та формування етапів проведення досліджень щодо визначення особливостей розвитку симптомів захворювання рослин сої на фузаріоз та альтернаріоз. Наукова організація досліджень. Постановка дослідів, |                               |          |

|   |  |  |  |
|---|--|--|--|
|   | опрацювання експериментальних даних.   |  |  |
| 3 | Проведення досліджень з оцінки патогенності ґрунтових мікроміцетів <i>Fusarium gibbosum</i> і <i>Alternaria consortiale</i> як найбільш шкідливих збудників корневих хвороб сої. |  |  |
| 4 | Узагальнення та аналіз експериментальних даних, отриманих в результаті проведених досліджень. Оформлення висновків.  |  |  |

Студент \_\_\_\_\_ Сухоробрий А.В.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи \_\_\_\_\_ Патика М.В.,  
(підпис) (прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

**Магістерська** робота як кваліфікаційне дослідження на тему «Дослідження ролі ґрунтових сапротрофних мікроміцетів у захисті рослин сої від збудників корневих хвороб» виконана в обсязі 65 сторінок комп'ютерного тексту формату А4, містить 4 таблиці, 18 рисунків.

В роботі використано 50 літературних джерел, складається з наступних розділів:

1. Огляд літератури.
2. Матеріали та методи досліджень.
3. Результати досліджень та їх обговорення.
4. Загальні висновки.
5. Список використаних джерел.

Дослідження проведено на базі кафедри фітопатології імені академіка В.Ф. Пересипкіна НУБіП України.

Соя – одна з найпоширеніших сільськогосподарських культур, яка широко використовується завдяки особливому хімічному складу білка та жиру.

Соя відноситься до родини *Leguminosare Juss (Fabacee Lindl.)*, підродини *Papilionacee*, роду *Glycine L.* Вона належить до стратегічних культур та засвоюється організмом на 98,0%. Соя є основою в забезпеченні білком і олією продуктів харчування. Генетичне різноманіття сої за жирнокислотним складом олії є основою для створення біогенних джерел високоякісної сировини.

**Мета роботи** – вивчення патогенності щодо рослин сої найбільш шкідливих збудників корневих хвороб (*Fusarium sp.* і *Alternaria sp.*) та визначення їх локалізації у рослинах сої з описом розвитку симптомів захворювання.

**Об'єкт досліджень** – біологічна активність фітопатогенних мікроміцетів *Fusarium gibbosum* 34 і *Alternaria consortiale* 38, виділених з ураженого насіння сої.

**Предмет досліджень** – особливості локалізації фітопатогенних мікроміцетів у рослинах та їх вплив на продуктивність агроценозу сої.

**Завдання досліджень:**

1. Охарактеризувати мікроміцетний фітопатогенний комплекс кореневої зони рослин сої (*Glycine max* (L.) Merr.) та розвиток симптомів захворювання рослин на фузаріоз та альтернаріоз.
2. Провести морфологічний та мікробіологічний аналіз колоній та конідій виділених фітопатогенів *Fusarium gibbosum* 34 і *Alternaria consortiale* 38.
3. Визначити та описати локалізацію збудників корневих хвороб у рослинах сої (*Glycine max* (L.) Merr.), їх фітотоксичну активність.
4. Оцінити патогенність найбільш шкідливих збудників корневих хвороб сої (у модельному вегетаційному досліді на прикладі *Fusarium gibbosum* і *Alternaria consortiale*).

## ЗМІСТ

|   |              |
|---|--------------|
| <b>ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ .....</b>  | <b>8</b>     |
| <b>ВСТУП.....</b>   | <b>9</b>     |
| <b>РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ .....</b>   | <b>13</b>    |
| <b>1.1. Стійкість рослин сої до збудників корневих хвороб .....</b>   | <b>13</b>    |
| <b>1.2. Ефективні агенти для біологічного контролю збудників захворювань сої .....</b>  | <b>22</b>    |
| <b>1.3. Вивчення механізмів взаємодії «патоген-рослина» .....</b>   | <b>26</b>    |
| <b>РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ .....</b>  | <b>30</b>    |
| <b>2.1. Об'єкт та предмет дослідження.....</b>  | <b>36</b>    |
| <b>2.2. Методи проведення дослідження. ....</b>   | <b>39</b>    |
| <b>РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ .....</b>  | <b>43</b>    |
| <b>3.1. Характеристика мікроміцетного фітопатогенного комплексу кореневої зони рослин сої (<i>Glycine max</i>). ....</b>  | <b>43</b>    |
| <b>3.2. Мікробіологічний аналіз колоній та конідій <i>Fusarium gibbosum</i> 34 і <i>Alternaria consortiale</i> 38 .....</b>   | <b>46</b>    |
| <b>3.3. Дослідження впливу культуральних рідин штамів мікроміцетів <i>Fusarium gibbosum</i> 34 і <i>Alternaria consortiale</i> 38, виділених з ураженого рослинного матеріалу сої, на енергію проростання, схожість, довжину коренів і пагонів тест-рослини <i>Lepidium sativum</i> L. ....</b> | <b>52</b>    |
| <b>3.4. Оцінка патогенності штамів <i>Fusarium gibbosum</i> 34 і <i>Alternaria consortiale</i> 38 щодо рослин сої .....</b>   | <b>55</b>    |
| <b>ВИСНОВКИ .....</b>   | <b>.....</b> |
| Помилка! Закладку не визначено...   | <b>59</b>    |
| <b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....</b>   | <b>61</b>    |

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

ФАО – Продовольча та сільськогосподарська організація Об'єднаних Націй  
Продовольча та сільськогосподарська організація Об'єднаних Націй (ФАО) входить до системи ООН та займається питаннями міжнародної продовольчої безпеки та сільськогосподарського розвитку

ВООЗ – Всесвітня організація охорони здоров'я

га – гектар

т/га – тона на один гектар

л/т – літр на одну тону

кг/га – кілограм на один гектар

мм – міліметр

С –градуси по Цельсію

PGPB – Plant Growth Promoting Bacteria

PGPE – Plant Growth Promoting Endophytes

г – грам

г/л – грам на один літр

% – відсоток

мкм – мікрометр

SAR – набута системна резистентність (systemic acquired resistance)

ISR – індукована системна резистентність (induced systemic resistance)

## ВСТУП

Соя (*Glycine max* (L.) Merr.) займає важливе місце серед сільськогосподарських культур і має стратегічне значення серед зернобобових культур світового землеробства. Забезпечення повноцінним білком – одна з основних проблем харчування людства. Гостроту проблеми пом'якшує використання багатих на білок рослинних продуктів, переважна більшість із яких виробляється із зерна бобових культур. У структурі світового виробництва олійних культур соя займає 58,0% [1, 2].

За амінокислотним складом білок сої збалансований краще, ніж інших бобових, олійних та злакових культур. Сумарний вміст білка і жиру в насінні деяких сортів сягає 70,0%, при цьому соєвий білок переважає стандарти ФАО/ВООЗ за амінокислотним складом і вмістом незамінних амінокислот при вищому в три рази його зборі з 1 га сої, ніж з 1 га пшениці. Соєва олія за поживністю і засвоєнням близька до соняшникової. Насіння сої багате на вуглеводи, каротин, вітаміни В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, Е, К, аскорбінову, пантотенову, фолієву кислоти, біотин, піридоксин, мінеральні елементи.

Рослини сої досить вимогливі до балансу поживних речовин у ґрунті. Проте завдяки симбіозу між соєю та бульбочковими бактеріями соя здатна сама забезпечити себе азотом. Симбіотична фіксація азоту є найважливішим резервом біологічного азоту у ґрунті. Завдяки цьому насиченість сівозмін соєю, як і іншими бобовими культурами, сприяє збереженню й відновленню природної родючості ґрунтів [3-5].

Одночасно з утворенням симбіозу з ризобіями, рослини сої здатні до формування мікоризи (симбіозу між грибами і рослинами). При цьому розвивається потрібний симбіоз: рослина-бульбочкові бактерії-мікоризний гриб. Рослини, на коренях яких утворився потрібний симбіоз, краще пристосовані до навколишнього середовища, вони більшою мірою захищені від несприятливих екологічних умов і збудників хвороб.

Со́я є однією з найбільш перспективних і продуктивних бобових культур і проблема біологічного захисту цієї культури викликає значний інтерес. Дослідження найбільш шкідливих збудників кореневих хвороб сої, селекція мікроорганізмів-антагоністів фітопатогенів, встановлення механізму їх дії на рослини, вивчення можливостей застосування активного мікроорганізма-антагоніста як засобу захисту сої від збудників кореневих хвороб є, безумовно, актуальними [6].

З наукових літературних джерел відомо, що основне виробництво культури сої в Україні знаходиться у так званому соєвому поясі, до якого входить зона Лісостепу (Вінницька, Київська, Полтавська, Сумська, Тернопільська, Харківська, Хмельницька, Черкаська і Чернівецька області). Крім цього використовують райони Степу з лісостеповими умовами Кіровоградської, Дніпропетровської, Одеської, Миколаївської областей, а також райони Полісся з лісостеповими умовами Житомирської, Чернігівської, Рівненської і Волинської областей (південні райони цих областей припадають на лісостепову зону), а також Львівську область, яка включає не лише лісостепові райони, а й території, що входять до Карпатської гірської області, у тому числі Передкарпаття, а також Івано-Франківської, Рівненської і Закарпатської областей. Популярні також для агровиробництва сої зрошувані землі Півдня України – Херсонська область, АР Крим, Дніпропетровська, Миколаївська, Запорізька області [3-6].

На сьогодні культуру сої вирощують в усіх природно-кліматичних зонах України. Причиною збільшення посівних площ сої в Україні є велика експортна потреба та висока ціна на світовому ринку через великий попит імпортерів на сою в світі. Крім цього, перспективи вирощування сої зумовлені універсальністю її використання у харчовій промисловості й в кормовиробництві. Актуальними є дослідження, спрямовані на підвищення продуктивності сої та отримання якісної продукції.

Але при вирощуванні цієї культури сільгоспвиробники зустрічаються з явищами ураження сої паразитарними хворобами, які спричиняють найбільші

збитки. Це фузаріозні кореневі гнилі та в'янення, аскохітоз, пероноспороз, біла та сіра гнилі, фомопсис, бактеріози та вірусні захворювання, збудниками яких є мікроміцети, бактерії та віруси.

Таким чином, базуючись на вищезазначених відомостях, висвітлюється актуальність обраної теми наукового дослідження.

Для досягнення поставленої мети передбачалось вирішення наступних завдань:

- охарактеризувати розвиток симптомів захворювання рослин сої на фузаріоз та альтернаріоз;
- визначити та описати локалізацію збудників корневих хвороб у рослинах сої (*Glycine max* (L.) Merr.);
- оцінити патогенність найбільш шкідливих збудників корневих хвороб сої (на прикладі виділених фітопатогенів *Fusarium gibbosum* і *Alternaria consortiale*);
- визначити вплив дослідних фітопатогенних мікроміцетів на продуктивність сої.

## РОЗДІЛ 1

### ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

#### 1.1. Стійкість рослин сої до збудників корневих хвороб

Відомо, що від 30,0 до 50,0% урожаю сільськогосподарських культур втрачається внаслідок життєдіяльності шкідливих організмів [12]. Створення і широке використання стійких сортів сільськогосподарських культур в даний час стає важливою проблемою не тільки народногосподарського значення, але і великим екологічним і соціальним завданням. Наукові дослідження та розширення знань щодо механізму взаємодії «патоген-рослина» дозволяють впливати на стійкість рослин до певного збудника й використовувати найбільш ефективний агент для біоконтролю збудників захворювань. В цьому аспекті актуальні дослідження найбільш шкідливих збудників корневих хвороб сої та встановлення механізму їхньої дії на рослини.

За термінологічним визначенням, стійкість рослин – це здатність рослин зберігати функціональні особливості і морфологічну структуру за несприятливих змін екологічних параметрів місця зростання [9, 10]. Це широке поняття, що означає природну, успадковану або набуту здатність рослин тією або іншою мірою протистояти ураженню хворобами. Ступінь стійкості, як ідомо, може варіювати в широких межах (від повного імунітету до цілковитої сприйнятливості).

Комплексна оцінка стійкості рослин визначається за трьома основними показниками:

- зовнішніми ознаками прояву реакції рослини на зараження патогеном;
- інтенсивності прояву хвороби;
- втрат урожаю від хвороби.

Повідомляється, що в якості контролю при проведенні оцінки найчастіше використовуються сприйнятливі рослини за ознаками захворювання, які на них проявляються, характеризують стан інфекційного фону і аналізують умови для розвитку патологічного процесу.

Імунітет – найвищий рівень стійкості, який ще називають абсолютною стійкістю – повна відсутність ураження (типових симптомів хвороби). При виявленні імунних форм рослин застосовується якісний показник – наявність або відсутність уражень. В цілому імунітет може проявлятися щодо окремих рас патогена. Найтиповішим проявом імунності є реакція надчутливості. А стійкість характеризується кількісними показниками. Ступінь стійкості рослин виявляють за допомогою різних методів [9-11].

Залежно від культури, біологічних особливостей збудника хвороби, характеру патогенезу тощо стійкість рослин проти хвороб може проявлятися по-різному.

З літературних джерел відомо, що за ботанічною характеристикою соя – однорічна трав'яниста рослина родини бобових (висотою від 0,8 до 2,0 м). Боби сої – шаблевидної форми, розмір бобів становить близько 6-13 мм x 4-8,5 мм. Колір – жовтий, зелений, коричневий, червоно-коричневий, цегляний, чорний, іноді мозаїчний. Коренева система сої стрижнева, при цьому головний корінь порівняно короткий, від нього у верхній частині відходить велика кількість довгих бічних корінців, які становлять близько 60,0% маси кореневої системи. Корені можуть проникати в ґрунт на глибину до 2 м, проте основна маса коріння знаходиться в орному шарі [2, 7].

Сходи сої мають дві сім'ядолі, які під час проростання насіння виходять на поверхню ґрунту, що обмежує глибину загортання насіння. Стебло прямостояче, сильно розгалужене, опушене. Листки трійчасті, з малими прилистками, розміщені почергово, за винятком двох перших примордіальних, які є простими і розміщуються супротивно. Мають форму яйцеподібну, овальну, ромбічну, клиноподібну з тупими або загостреними верхівками; опушені, включаючи прилистки, волосками білого, сірого або бурого кольору. У більшості сортів листки при досяганні рослин опадають, що полегшує механізоване збирання врожаю. Квітки малі, мають п'ятизубчасту зелену чашечку та п'ятипелюстковий віночок білого або фіолетового кольору, маточку з верхньою зав'яззю та 10 тичинок. Розміщуються квітки у пазухах листків на

квітконіжках, утворюючи суцвіття китиці, які можуть бути короткими, малоквітковими або довгими, багатоквітковими.

Соя – самозапильна рослина. Плід – боби прямі, мечеподібні, злегка зігнуті, шабле або серпоподібні, плоскі чи опуклі, з гладенькими або чоткоподібними стулками, містять від 1 до 4 насінин. Забарвлення світле, коричневе, буре. Висота прикріплення нижніх бобів над поверхнею ґрунту від 2-3 до 20-25 см. Насіння – жовте, коричневе, чорне і зелене. За формою кулясте, овальне, видовжене. Маса 1000 насінин від 50 до 425 г. Сім'ядолі жовті або зелені. Вони становлять близько 90,0% маси насінини.



**Рисунок 1.1. Рослина сої: а) фаза наливу бобів; б) складні (трійчасті) листки сої [2].**

Соя – культура мусонного клімату, має підвищені вимоги до забезпечення вологою і теплом. Сою за вимогами до факторів життя можна віднести до тепло-, волого- і світлолюбних рослин, які крім того потребують високої культури землеробства [4, 5, 8]. Проростання насіння відбувається при 7-8<sup>0</sup>С, хоча оптимальною є температура 15-20<sup>0</sup>С; витримує приморозки до -2-3<sup>0</sup>С. До тепла соя вимоглива протягом всієї вегетації, особливо під час цвітіння і достигання. Тривалість вегетаційного періоду становить 120-150 днів. Оптимальна середньодобова температура для росту цієї зернобобової культури

18-25<sup>0</sup>С. Для нормального розвитку необхідна сума активних температур близько 1800<sup>0</sup>С.

Щодо впливу температури на розвиток сої, то за даними різних авторів [2, 3, 5], для формування репродуктивних органів мінімальна середньодобова температура повинна бути 18-19<sup>0</sup>С, а оптимальною є 21-23<sup>0</sup>С; для цвітіння мінімальна температура 16-18<sup>0</sup>С, сприятлива – 19-21<sup>0</sup>С, оптимальна – 22-25<sup>0</sup>С; для формування бобів і насіння - 13-14<sup>0</sup>С – мінімальна, 17-18<sup>0</sup>С – сприятлива і 20-23<sup>0</sup>С – оптимальна; для досягання – 8-9<sup>0</sup>С – мінімальна, 13-16<sup>0</sup>С – сприятлива і 18-20<sup>0</sup>С – оптимальна.

Мінімальна температура ґрунту для проростання сої на глибині загортання насіння – 6-7<sup>0</sup>С, достатня – 12-14<sup>0</sup>С, оптимальна – 15-18<sup>0</sup>С (табл. 1.1).

**Таблиця 1.1 – Біологічні особливості сої (*Glycine max* (L.) Merr.) [2-5]**

| Температура  | Показник             |
|--|----------------------|
| 1  | 2                    |
| мінімальна для проростання насіння, <sup>0</sup> С | +7 ...+8 (20-30 діб) |
| оптимальна для проростання насіння, <sup>0</sup> С | +15 ...+20 (6-8 діб) |
| пошкоджує сходи, <sup>0</sup> С                    | -2 ...-2,5           |
| оптимальна, <sup>0</sup> С                         |                      |
| під час вегетації                                  | +18 ...+22           |
| для цвітіння                                       | +25 ...+27           |
| для формування бобів                               | +20 ...+22           |
| для досягання                                      | +18 ...+20           |

Рослини досить легко переносять весняні приморозки до мінус 2,5<sup>0</sup>С, осінні приморозки – до мінус 3<sup>0</sup>С не мають негативного впливу на врожай насіння, приморозки мінус 4,0-4,5<sup>0</sup>С призводять до сильного промерзання листків, квітки і боби гинуть. Ріст вегетативних і генеративних органів значною

мірою залежить від теплового режиму. На період від цвітіння до повної стиглості сої припадає 2/3 всього тепла, необхідного для росту і розвитку її рослин, з деякими відхиленнями залежно від сортів і умов вирощування. Зниження температури на 0,5 °С може затримувати цвітіння на 2-3 дні.

Екологічна стійкість сортів сої до несприятливих умов вегетації визначається показниками їх стійкості до посухи та хвороб. Найстійкішими до хвороб є сорти сої Авантюрин, Кобза, Діона, Аррата, Рогізнянка, Арніка – по 9,0 бала. Найбільш уразливими до хвороб є сорти сої Легенда – 8,0 бала, Геба – 8,5 бала (табл. 1.2).

**Таблиця 1.2 – Екологічна стійкість, продуктивність та якість насіння скоростиглих сортів сої**

| Сорт           | Посухо-<br>стійкість,<br>бал | Стійкість<br>до хвороб,<br>бал | Урожайність<br>насіння, т/га | Вміст<br>білка у<br>насінні, % | Вміст<br>жиру у<br>насінні,<br>% |
|----------------|------------------------------|--------------------------------|------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|
| 1              | 2                            | 3                              | 4                            | 5                              | 6                                |
| Легенда        | 6,0                          | 8,0                            | 2,30                         | 38,5                           | 21,1                             |
| Авантюрин      | 8,6                          | 9,0                            | 2,26                         | 40,0                           | 21,1                             |
| Кобза          | 8,2                          | 9,0                            | 2,14                         | 39,1                           | 20,7                             |
| ОАЦ<br>Аватар  | 8,2                          | 8,9                            | 2,18                         | 40,4                           | 21,2                             |
| Діона          | 8,0                          | 9,0                            | 3,25                         | 38,5                           | 21,0                             |
| Аррата         | дані відсутні                | 9,0                            | 3,00                         | 38,0                           | 21,2                             |
| ОАЦ<br>Лейквью | 9,0                          | 8,8                            | 2,56                         | 41,7                           | 21,7                             |
| ОАЦ Брук       | 8,5                          | 8,8                            | 2,03                         | 41,7                           | 21,3                             |
| Геба           | 9,0                          | 8,5                            | 2,25                         | 40,2                           | 22,0                             |
| Беркана        | 9,0                          | 8,8                            | 2,45                         | 43,4                           | 20,7                             |
| Рогізнянка     | 8,6                          | 9,0                            | 2,00                         | 41,3                           | 21,2                             |
| Арніка         | 8,7                          | 9,0                            | 2,20                         | 41,0                           | 20,5                             |

продовження табл. 1.2

| 1        | 2   | 3   | 4    | 5    | 6    |
|----------|-----|-----|------|------|------|
| Голубка  | 8,5 | 8,8 | 2,33 | 42,1 | 21,6 |
| Мелодія  | 8,4 | 8,8 | 2,19 | 42,1 | 20,6 |
| Райдуга  | 8,5 | 8,7 | 2,18 | 42,3 | 21,2 |
| Красуня  | 8,3 | 8,8 | 2,18 | 41,3 | 19,3 |
| Різдвяна | 8,2 | 8,8 | 2,23 | 40,4 | 21,3 |

Хвороби є одним з вагомих чинників, які спричиняють втрати врожаю сільськогосподарських культур. Для забезпечення належного рівня захисту від них необхідний інтегрований підхід до поєднання різних заходів, які можуть відрізнятися за ефективністю, тривалістю дії, вартістю, екологічною безпечністю. Оскільки поширення хвороб та рівень їх розвитку змінюються з року в рік та залежно від агрокліматичних умов, раціональне та економічно доцільне застосування захисних заходів вимагає врахування багатьох чинників, тому прийняття обґрунтованого, раціонального рішення з цього питання є складним завданням.

До комплексу грибних хвороб сої належать: фузаріоз (збудники мікроміцети роду *Fusarium* – *F. oxysporum*, *F. solani*, *F. gibbosum*, *F. avenaceum*, *F. culmorum*, *F. heterosporum*). На насінні сої відмічено найбільш різноманітний склад збудників, що включає всі указані вище види, а також *F. javanicum*, *F. sporotrichiella*. Крім цього, спостерігається альтернаріоз (збудники мікроміцети роду *Alternaria*), антракноз (збудник *Colletotrichum glycices*); аскохітоз (збудник *Ascochyta sojaecola*).

Фузаріоз у сої проявлявся у формі загнивання насіння і проростків, а також кореневої гнилі. Уражене фузаріозом насіння на вигляд щупле, деформоване. При інтенсивному розвитку захворювання головний корінь буріє і відмирає. У інфікованих рослин, які продовжують розвиватися, коріння частково здуте, спостерігається утворення коротких бокових корінчиків, кінчики яких чорніють і загнивають. Причиною ураження сої фузаріозом

можуть бути як несприятливі погодні умови в період проростання насіння (різке коливання середньодобових температур, випадання прохолодних дощів), так й інші фактори середовища.

Широко описано хвороби сої – пероноспороз, збудником якої є *Peromospora manshurica* та септоріоз (збудник *Septoria glycines*).

Симптоми пероноспорозу проявляються у вигляді плямистостей листків, у формі локального або місцевого ураження в період цвітіння – формування бобів, коли період вегетації характеризується достатньою, а в окремі фази росту та розвитку і надмірною зволоженістю. Рослини сої в цей період зникаються в міжряддях, при цьому сприяють довготривалій затримці вологи на листках. Прояв патогена характеризується з'явленням на верхній стороні листків спочатку дрібних блідо-зелених хлоротичних плям неправильної, часто кутастої форми діаметром 2-3 мм, а пізніше – буріючих плям діаметром 5-20 мм, які зливаються і покривають частину листків. Плями розростаючись, можуть зливатися між собою, що призводить до передчасного пожовтіння листків. З нижнього боку листків в період надмірного зволоження утворюється сірувато-фіолетовий наліт. У подальшому тканини уражених листків відмирають.

За спостереженнями і дослідженнями різних вчених доведено, що *Septoria glycines* спочатку проявлялася на нижніх, а потім і на верхніх листках. Розпочинається ураження септоріозом дуже рано і продовжується упродовж всього літнього періоду. На трійчастих листках сої утворюються плями діаметром 3-4 мм кутастої форми. Спочатку вони мають жовтуватий відтінок, потім іржаво-бурий і наприкінці чорно-бурий. На стеблах, бокових гілках, черешках листків утворюються подовжені буро-коричневі плями, які зникаються в кільця. При інтенсивному розвитку хвороби, що спостерігається в період наливання насіння сої, має місце різке пожовтіння і передчасне опадання листків.

До фітопатологічного комплексу хвороб сої відносяться також вертицильоз (збудник *Verticillum dahliae*), церкоспороз (збудник *Cercospora*

*sojina*), чорна коренева гниль (збудник *Thielaviopsis basicola*), вугільна гниль (збудник *Macrophomina phaseolina*) та біла гниль (збудник сумчастий гриб *Sclerotinia sclerotiorum*).

Як повідомляють дослідники [13], при аналізі поширення білої гнилі залежно від тривалості вирощування сої на одному полі було показано, що у перший рік культивування сої після попередника рис, даний показник, у середньому за три роки, не перевищував 1,5%. У наступні роки він поступово зростає і на другий рік вирощування склав 7,3%, на третій — 18,4%. Максимальних значень поширення набуло за умови беззмінного вирощування сої упродовж чотирьох років та становило 28,7%. Таке зростання частоти трапляння *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary у посівах сої вчені пояснюють способом основної обробки ґрунту, який не передбачає глибокої оранки, а складається з весняного дискування ґрунту на глибину 14–16 см з наступною передпосівною культивацією. Такий обробіток дозволяє більшості склероціїв білої гнилі залишатися близько до поверхні ґрунту та бути джерелом інфекції у поточному році, оскільки вони здатні до проростання з глибини від 5,0 до 7,5 см. Отже, ступінь ураженості рослин залежно від тривалості вирощування сої на одному полі зростає. Беззмінне вирощування сої упродовж чотирьох років в умовах рисових зрошувальних систем призвело до значного зростання поширення та розвитку *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary (негативний вплив на величину урожаю культури).

За опублікованими даними з кожним роком розширюються дослідження щодо особливостей прояву таких хвороб сої як фомопсис (збудник *Diaporthe phaseolorum*), філостіктоз (збудник *Phyllosticta sojaecola*) та ризоктоніоз (збудник *Rhizoctonia solani*).

Таким чином, все більшу увагу фахівці-вчені зосереджують на дослідженнях збудників хвороб сої грибної етіології, як найбільш поширені й шкодочинні. Мікроміцети являються однією з основних причин погіршення якості насіннєвого матеріалу. До цього фактору додається використання короткоротаційних сівозмін, беззмінних посівів, які призводять до порушення

здатності до саморегулювання агробіоценозів і, як наслідок, зростає чисельність випадків виникнення явищ масового ураження рослин збудниками хвороб.

Отже, увесь комплекс фітопатогенних мікроміцетів, що розвивається всередині і на поверхні насіння, умовно поділяється на 2 групи – «польова інфекція» (первинна) та «інфекція зберігання» (вторинна). Такий поділ базується на екології мікроміцетів, перш за все, на їх вимогах до вологості субстрату. До групи збудників «польової інфекції» відносять представників родів *Fusarium*, *Alternaria*, *Botrytis*, *Peronospora*, *Pythium*, *Pomopsis* та інших. Вони заражають насіння до збирання врожаю і є первинними агентами інфекції, пов'язаними з підвищеною вологістю насіння.

Основними представниками «інфекції зберігання» є мікроміцети з родів *Aspergillus*, *Trichothecium*, *Mucor*, *Rhizopus*, що інфікують насіння після збирання – під час транспортування або в процесі зберігання. Розвиток цієї групи мікроміцетів визначається абіотичними та біотичними факторами середовища (вологістю субстрату, температурою, аерацією, тривалістю терміну зберігання; а також взаємодією окремих видів мікроміцетів у цьому угрупованні та їх здатністю до конкуренції та токсикогенності).

Хвороби сої завдають значних втрат, зокрема значно знижують енергію проростання насіння та його схожість, зріджують посіви, ослаблюють рослини, зменшують фотосинтетичну поверхню й продуктивність культурних рослин, погіршують якісні показники врожаю [14, 15]. Насіння сої, зібране з уражених хворобами посівах, не відповідає чинним стандартам ДСТУ 2240-93; СОУ 01.4-37-429:2006; САС/GL 44-2008; САС/GL 45-2008.

## **1.2. Ефективні агенти для біологічного контролю збудників захворювань сої**

Інтенсивна технологія вирощування сої передбачає використання різних методів захисту культури від фітопатогенних організмів, в тому числі й застосування пестицидів. Наразі значна увага спрямовується на екологізацію виробництва продукції рослинництва. Увага дослідників сконцентрована на розробленні та використанні мікробних препаратів на основі мікроорганізмів з корисними властивостями, які покращують живлення рослин і підвищують продуктивність сільськогосподарських культур. Крім того, мікробні препарати безпечні для довкілля, позитивно впливають на родючість ґрунту, сприяють підвищенню стійкості рослин до несприятливих факторів навколишнього середовища [16-18].

Актуальним є застосування біологічних (мікробних) препаратів на основі азотфіксувальних, фосфатмобілізувальних мікроорганізмів та продуцентів речовин фітогормональної дії для поліпшення мінерального живлення рослин, стимуляції їхнього росту і розвитку та підвищення імунного статусу [16, 17].

На ранніх стадіях вегетації рослини особливо чутливі до надходження азоту і фосфору, нестача цих елементів у мінеральному живленні рослин може спричиняти затримку у рості і розвитку кореневої системи. Забезпечення сільськогосподарських культур усіма необхідними елементами можливе завдяки внесенню добрив. Іншим, екологічно безпечним шляхом є інтродукція в кореневу зону рослин агрономічно корисних штамів мікроорганізмів з утворенням рослинно-мікробних асоціацій.

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

За опублікованими працями, у день сівби насіння сої обробляють високоселективними бактеріальними препаратами, зокрема Ризогуміном, Ризоторфіном, Ризоаргіном, Ризобофітом та іншими (з розрахунку 200 г/га), де в одному грамі препарату міститься не менше 2,5 млрд. активних бульбочкових бактерій. Особливо це важливо на тих ґрунтах, де сою вирощують вперше або тривалий час не вирощували.

Ризогумін – біодобриво, яке застосовується для бактеризації насіння сої з метою поліпшення азотного живлення рослин і підвищення продуктивності культури. До складу препарату входять спеціально підготовлений торф з розмноженими в ньому бактеріальними клітинами двох штамів *Bradyrhizobium japonicum* з різною швидкістю росту, фізіологічно активні речовини біологічного походження (ауксини, цитокініни, амінокислоти, гумінові кислоти), мікроелементи в хелатованій формі і сполуки макроелементів у стартових концентраціях. Слід зазначити, що використання біопрепаратів на основі специфічних бульбочкових бактерій сої призводить до утворення місцевих популяцій сої. Наявність конкурентоспроможних спонтанних популяцій ризобій – це потенційний бар'єр для інтродукції нових високоефективних штамів в агроценози [16, 19].

Встановлено, що отримання високих врожаїв сої прямо залежить від мінерального живлення рослини, в якому провідну роль відіграє доступний азот, потреби якого рослина може забезпечити за рахунок утворення активного симбіозу зі специфічними бульбочковими бактеріями *Bradyrhizobium japonicum*. Ця унікальна здатність дає змогу сої засвоювати за один вегетаційний період від 125 до 480 кг/га азоту повітря за рік [32].

З метою профілактики поширення корневих гнилей рекомендовано застосування мікробіофунгіцидів різної природи [20, 21]. Серед препаратів вітчизняного виробництва користуються попитом такі препарати, як Триходермін, Планріз, Фітодоктор, Гаубсин, Целюлад та інші [22]. В Україні препарати даної групи рекомендовано застосовувати для обробки насіннєвого і садивного матеріалу та в період вегетації рослин. Це забезпечує оздоровлення

посівного матеріалу та якісний захист рослин від широкого спектру хвороб, в тому числі і корневих гнилей.

Науковими дослідженнями та практичними рекомендаціями доведено, що для сої найбільшого ефекту можливо досягти в зниженні шкодочинності грибних хвороб обробкою біологічними препаратами Фітоцид-Р, Планриз, Гаупсин, Триходермін.

За опублікованими даними, застосування біофунгіцидів спільно із бактеріальними препаратами для посилення симбіотичної азотфіксації може зменшувати рівень захворюваності пероноспорозом. Так, його поширення зафіксовано в таких межах: від 14,3% до 9,1%, а технічна ефективність препаратів становила 44,0–67,0%. Найефективнішим у боротьбі із пероноспорозом на сої було застосування препаратів Ризобофіт, 2,0 л/г + Фітодоктор, 1 л/т (обробка насіння) та Триходермін, 2,0 л/га (фаза бутанізації), на цих ділянках поширення хвороби було найменшим – 9,1%, а технічна ефективність, навпаки, була найвищою – 67%. Дещо поступався за ефективністю варіант із використанням інших препаратів: Мікрогумін, 200 мл/г + Біофосфорин, 1,5 л/т (обробка насіння) + Гаупсин, 4,0 л/га (фаза бутанізації) [22].

Слід зазначити, що в боротьбі з аскохітозом також найефективнішим виявився Ризобофіт, 2,0 л/г.н.н. + Фітодоктор, 1 л/т (обробка насіння) та Триходермін, 2,0 л/га (фаза бутонізації). За дослідженнями вчених використання вищезазначених біологічних препаратів зменшило поширення аскохітозу до 11,4%, технічна ефективність досягала 67%. Комплесна дія Мікрогумін, 200 мл/г.н.н + Біофосфорин, 1,5 л/т (обробка насіння) із Гаупсином, 4,0 л/га (фаза бутонізації) також забезпечила стримування процесу поширення хвороби до 11,8%, тому технічна ефективність препаратів – 65,0%.

Видовий склад збудників сапрофітної інфекції може бути представлений мікроміцетами різних родів (*Mucor*, *Aspergillus*, *Penicillium* та інших), поширеність яких коливається за роками досліджень. А видовий склад патогенів вторинної інфекції також змінюється. Аналіз опублікованих даних, а

також відомості щодо фітоекспертизи насіння сої (сорт Вільшанка різних років урожаю) дає підстави науково-обґрунтовано рекомендувати знезараження насіннєвого матеріалу. Слід зазначити, що високий рівень інфікованості насіння сої грибними та бактеріальними патогенами створює загрозу під час зберігання насіннєвого матеріалу та знижує посівні якості.

Важливим за використання мікробіологічних фунгіцидних протруйників є не лише вивчення антимікробної ефективності препаратів, а й дослідження їх впливу на ріст і розвиток рослин, тобто виявлення можливої фітотоксичної активності [23, 24].

Різноплановий механізм дії мікробіологічного фунгіциду Трихофіт, п., створеного на основі гриба *Trichoderma lignorum*, в досліджах вчених забезпечив зниження поширеності фузаріозної інфекції на кореневій системі рослин сої на 4,8% відносно контролю при зниженні інтенсивності прояву хвороби на 2,2% [23]. За кількістю уражених рослин ці показники виявилися близькими до рівня антифугальної активності хімічного протруйника Максим XL, т.к.с. (1,8%), а за рівнем розвитку інфекції навіть перевищили їх на 1,0%.

Біологічні препарати Фітоцид, р. і Гаупсин, р. проявляють певний рівень фунгітоксичної активності, знижуючи поширеність фузаріозної кореневої гнилі до 3,0% відповідно за менш однозначного впливу на розвиток хвороби.

Повідомляється про ефективну протимікробну дію препарату Трихофіт, п., що забезпечує досить вагомий антимікологічний та антибактеріальний ефект за комплексного використання його з біопрепаратами Фітоцид, р. і Гаупсин, п. Кращою виявляється композиція Трихофіт, р. + Фітоцид, р., застосування якої виявило синергічний ефект [26, 27].

Перспективи подальших досліджень полягають у вивченні біологічних (мікробних) агентів, перспективних для застосування в біологічному захисті від фітопатогенних організмів. Перевагою вітчизняних біопрепаратів над іноземними є те, що вони адаптовані до наших кліматичних умов та ґрунтів, економічно вигідні, а також під час технології їх отримання не застосовують консерванти, які в подальшому можуть спричиняти неспецифічні ефекти.

### 1.3. Вивчення механізмів взаємодії «патоген-рослина»

Кожна рослина в ризосфері формує специфічний склад мікрофлори, в якій головну роль відіграють антагоністичні мікроорганізми. За останні роки дослідженнями показано, що значна частина бактеріальних і грибних груп мікроорганізмів належить до антагоністів ґрунтових патогенів рослин. Саме вони функціонують завдяки великій кількості різних захисних механізмів, зокрема конкуренції, і займають відповідні еконіші. До таких механізмів належать, наприклад, індукція системної стійкості у рослин завдяки молекулярному сигналінгу, виробництво антифунгальних або антибіотичних сполук, а також літичних ферментів тощо [18]. На сьогодні широкий розвиток отримали дослідження взаємодії між різними представниками ризосферних мікробних угруповань (як можливість проводити за їх участю біологічний контроль за збудниками хвороб рослин).

Коренева зона рослини, як ареал життєдіяльності мікроорганізмів, має особливе значення у природі і складає фундаментальний інтерес як для науки, так і для практики землеробства [18, 28, 29].

Відомо, що більшості ґрунтових мікроорганізмів притаманні рістстимулювальні та рістрегулювальні властивості, вони можуть підвищувати стійкість рослин до захворювань та абіотичних стресових факторів. Ці бактерії об'єднують у групу Plant Growth Promoting Bacteria (PGPB) – бактерії, які сприяють росту рослин. Найчастіше вони зустрічаються у ризосфері (1-2 мм від кореня рослини), на поверхні коренів чи всередині останніх. В залежності від просторового розташування ці мікроорганізми поділяють на Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) – найчастіше зустрічаються у ризосфері рослин [30] і Plant Growth Promoting Endophytes (PGPE) – ендofітні бактерії, що здатні проникати всередину коренів рослини, інтенсивно розмножуватись в її тканинах, не пошкоджуючи їх та підвищувати захисні реакції рослини-хазяїна.

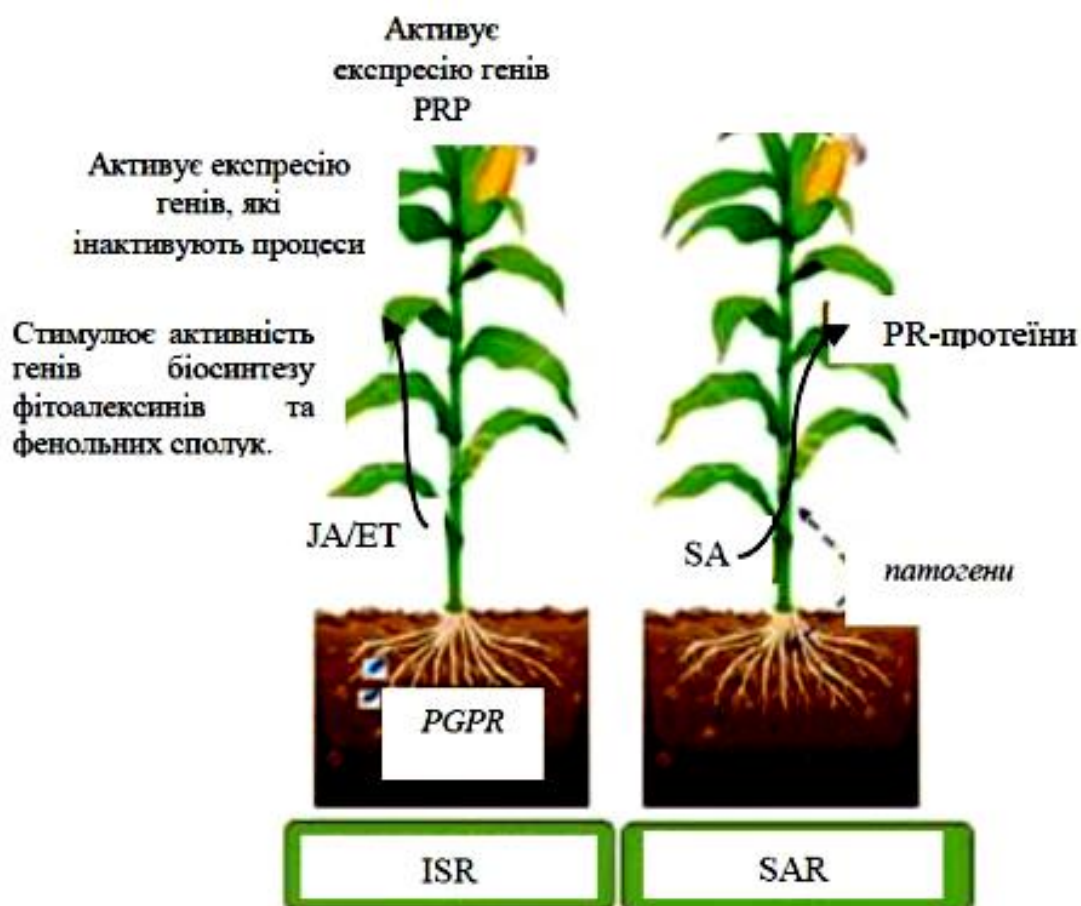
Відомо, що мікробно-рослинні взаємодії у ризосфері можуть бути сприятливими, нейтральними або шкідливими для рослин, в залежності від

конкретних мікроорганізмів і рослин, що беруть у них участь, та умов навколишнього середовища [18].

Мікроорганізми RGPB стимулюють ріст і розвиток рослин за допомогою як прямих, так і непрямих механізмів [96]. Прямі механізми включають синтез фітогормонів (ауксини, гібереліни, цитокиніни тощо), зниження стресу шляхом модуляції експресії генів 1-аміноциклопропан 1-карбоксилат дезамінази (АЦК-дезамінази), азотфіксацію, солюбілізацію фосфору і заліза бактеріальними сидерофорами. До непрямих механізмів можна віднести пригнічення функціонування одного або декількох патогенних для рослин організмів, як грибів, так і бактерій, синтез антибіотиків, ферментів, що руйнують клітинну стінку, конкурентноспроможність, індукцію системної резистентності (ICR) рослин, синтез ціаністого водню [31].

Для організму рослин важливим захистом від негативної дії фітопатогенів є системна резистентність. Розрізняють дві форми індукованої системної стійкості рослин: набута системна резистентність (*systemic acquired resistance* – SAR) та, власне, індукована системна резистентність (*induced systemic resistance* – ISR). Ці дві форми відрізняються за механізмом виникнення та шляхами регуляції (рис. 1.2).

Стійкість рослин перебуває під генетичним контролем (генетично детермінована). Це означає, що в процесі спільної еволюції в рослини-господаря і його паразита (патогенна) виникають комплементарні (відповідні один одному) пари генів: ген стійкості R1 у рослини і ген вірулентності A1 у патогена. Їхня взаємодія й визначає тип інфекції, до того ж стійкість і авірулентність – явище більш поширене, ніж вірулентність і сприйнятливість. Ця теорія отримала назву «ген-на-ген».



**Рисунок 1.2.** Схематичне зображення двох форм індукованого захисту рослин.

При взаємодії з мікроорганізмами у рослини з'являються нові ознаки (наприклад, здатність використовувати молекулярний азот у бобових при симбіозі з ризобіями, або токсичність у злакових при симбіозі з грибами). Поява цих ознак є результатом комплементарної взаємодії рослинних і мікробних генів, внаслідок якої відбувається їх перехресна регуляція, а іноді і перенос між партнерами окремих генів. Таким чином, утворення взаємодії можна розглядати як результат об'єднання генів-партнерів у стабільні функціональні одиниці, основними функціями яких є регуляторні (сигнальні) взаємодії, морфогенез симбіотичних структур і метаболічна інтеграція партнерів [32-34].

На сьогодні необхідним заходом в обмеженні патогенезу та підвищенні продуктивності сої є пошук нових дієвих композицій хімічних фунгіцидів з

комплексними біологічними препаратами. У сучасному сільському господарстві вони набули широкого використання, особливо комплексні препарати на основі різних видів бактерій, які доповнюють один одного за функціональними особливостями і позитивно впливають на рослини та ризосферний мікробіоценоз [33].

## РОЗДІЛ 2

### МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Дослідження ролі ґрунтових сапротрофних мікроміцетів у захисті рослин сої від збудників корневих хвороб проводили на кафедрі фітопатології імені академіка В.Ф. Пересипкіна Національного університету біоресурсів і природокористування України.

Досліджували активність фітопатогенних мікроміцетів родів *Fusarium* sp. та *Alternaria* sp., виділених з ураженого насіння сої (*Glycine max* (L.) Merr.) (рис. 2.1).



**Рисунок 2.1. Насіння сої як джерело виділення фітопатогенних мікроміцетів *Fusarium* sp., *Alternaria* sp.**

Фітопатогенні мікроорганізми характеризуються певною специфічністю. Це пояснюється тим, що біохімічні та генетичні системи фітопатогенних організмів функціонально пов'язані з аналогічними системами певних видів рослин. Такий тісний зв'язок зумовлює не лише ефективність розвитку інфекційного процесу, а й регулює коло рослин, що уражуються тим чи іншим збудником.

Розуміння механізму взаємодії патоген-рослина дозволяє впливати на стійкість рослин до певного збудника і використовувати найбільш ефективний агент для біоконтролю збудників захворювань.

Дієвим способом впливу на фітопатогени є скринінг штамів, що мають високий рівень антагоністичної активності до збудників захворювань та створення препаратів на їх основі, адже кількість зареєстрованих в Україні мікробних препаратів, що регулюють чисельність фітопатогенів, вкрай обмежена.

Враховуючи те, що соя (*Glycine max* (L.) Merr.) є однією з найбільш перспективних і продуктивних бобових культур, можливість біологічного захисту цієї культури викликає значний інтерес.

Соя – культура короткого дня і для переходу до репродуктивної стадії розвитку її рослинам потрібне відповідне співвідношення між періодами освітлення та темноти. У зв'язку з цим, культура сильно реагує на тривалість дня. У рослин скоростиглих сортів вегетація в умовах короткого дня обумовлює прискорення проходження фенологічних фаз розвитку та уповільнює ростові процеси, в наслідок чого формуються, переважно, низькорослі та низькопродуктивні посіви. В цілому, скоростиглі сорти менш чутливі до тривалості дня, ніж середньостиглі й особливо, пізньостиглі. Пізньостиглі сорти за умов довгого дня пришвидшують темпи ростових процесів – як наслідок, вони більш високорослі, нараховують більше вузлів, квіток, бобів та, відповідно, більш продуктивні. Отже, важливою умовою формування високої врожайності насіння сої є розміщення її сортів у регіонах, де тривалість дня відповідає біологічним вимогам сорту.

З ураженого рослинного матеріалу (насіння) сої за допомогою мікробіологічних методів досліджень в чисту культуру в лабораторних умовах ізольовано 2 штами мікроміцетів (родів *Fusarium* та *Alternaria*), які використано у модельних дослідах.

За наступним етапом робіт було досліджено їх активність та здатність викликати ураження рослин сої, рис. 2.1.



**Рисунок 2.1. Колонії мікроміцетів родів *Fusarium* sp. (А) та *Alternaria* sp. (В)  
– збудників корневих хвороб сої, поживне середовище сусло-агар,  
8 доба культивування**

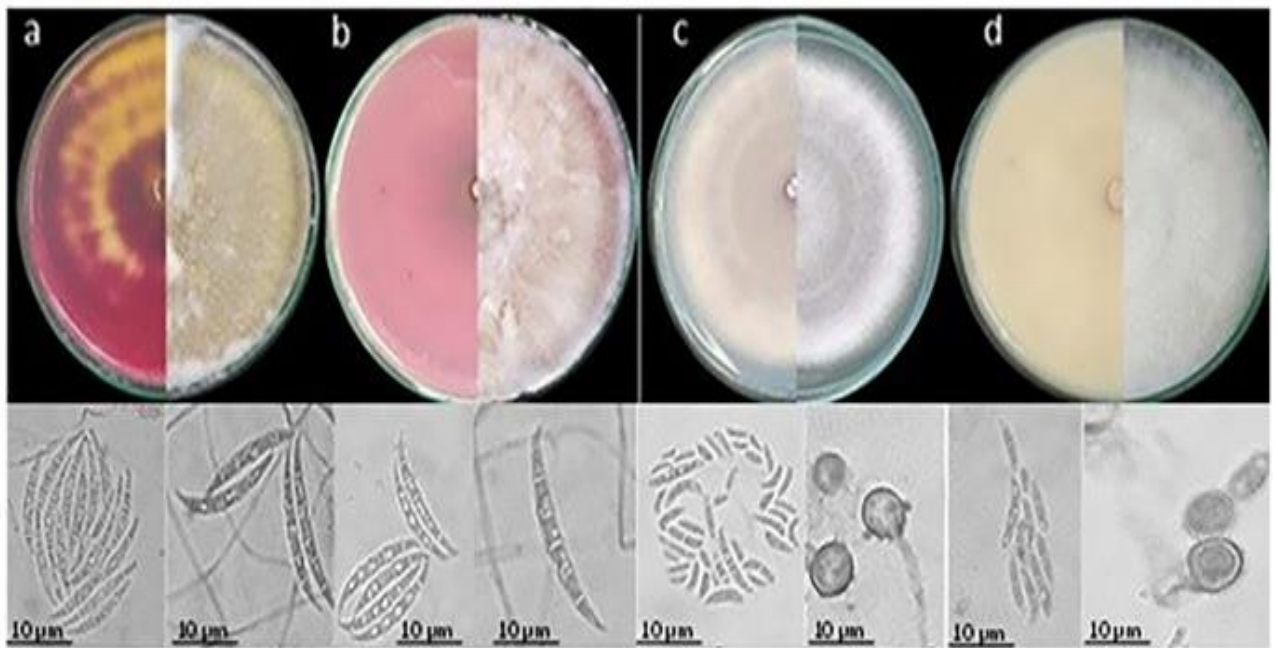
Виділення ізолятів мікроміцетів здійснювали на поживному середовищі сусло-агар та вирощували протягом 10-14 діб за температури 26<sup>0</sup>С.

Культурально-морфологічні ознаки мікроміцетів вивчали на середовищах Чапека та сусло-агарі.

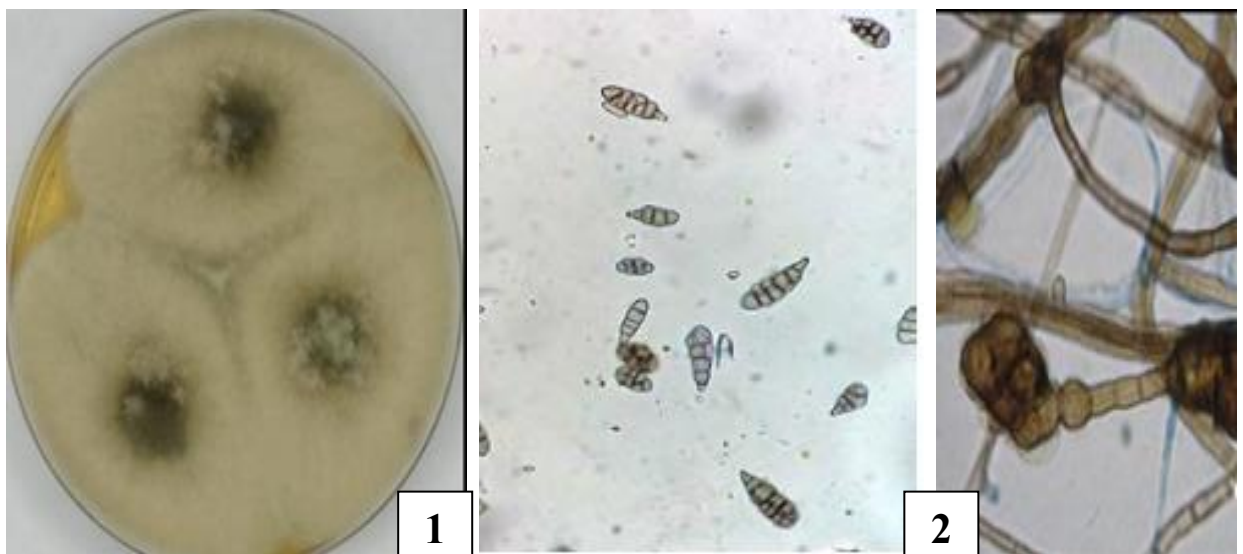
Сусло-агар, для виділення та ідентифікації мікроскопічних мікроміцетів: готове сусло, агар-агар – 1,5%; рН 5.

Середовище Чапека, (г/л): NaNO<sub>3</sub> – 2,0; K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> – 1,0; KCl – 0,5; FeSO<sub>4</sub>×7H<sub>2</sub>O – 0,01; MgSO<sub>4</sub>×7H<sub>2</sub>O – 0,5; CaCO<sub>3</sub> – 3,0; сахароза – 20,0; агар-агар –15,0; рН 7.

Для ідентифікації виділених фітопатогенних мікроміцетів використано визначники грибів В.І. Білай [35], М.М. Підоплічко [36], рис. 2.2, 2.2 а.



**Рисунок 2.2.** Макро- та мікроскопічна характеристика комплексу ізолятів *Fusarium* sp.: а) *F. culmorum*; б) *F. graminearum*; в) *F. oxysporum*; д) *F. equiseti* . Середовище Чапека, 7 доба культивування за температури 28<sup>0</sup>С



**Рисунок 2.2 а.** Макро- та мікроскопічна характеристика *Alternaria* sp.: 1) колонії *Alternaria* на середовище Чапека, 7 доба культивування за температури 28<sup>0</sup>С; 2) Конідії мікроміцету роду *Alternaria*, виявлені на насінні сої.

Дослідження патогенності виділених ізолятів проводили у модельному (стерильному) вегетаційному досліді на рослинах сої (*Glycine max* (L.) Merr.). В роботі використано сорт Легенда: оригінатор – ННЦ «Інститут землеробства НААН».

Сорт сої Легенда внесений у Реєстр сортів рослин України в 2009 році. Рекомендований для поширення в зонах Полісся, Лісостепу, Степу. Висота рослини 70-75 см. Висота прикріплення нижнього бобу – 11 см. Рослини з рудим опушенням. Насіння овальне, жовте, рубчик коричневий, середній, овальний. Маса 1000 насінин 150 г. Відзначається високою стійкістю до найбільш поширених хвороб. Стійкий до вилягання та осипання. Норма висіву 850-900 тис. шт. на 1 га в залежності від погодних умов, попередника та строків сівби, ширина міжрядь 15-30 см.

При виборі сорту основними критеріями є тривалість його періоду вегетації, насіннева продуктивність, висота прикріплення нижнього бобу, стійкість до хвороб, шкідників, осипання та вилягання, висока якість зерна з вмістом олії понад 20 % та сирого протеїну понад 40,0%, у посушливому регіоні – стійкість до посухи, у перезволоженому і під час зрошення – до тимчасового перезволоження.

На основі узагальнення наукової літератури можна стверджувати, що для формування високопродуктивних агрофітоценозів сої необхідним є науково-обґрунтоване розміщення і раціональне використання її сортових ресурсів та вирощування за сучасними технологіями, які найбільш повно відповідають біологічним вимогам сорту.

Визначення лабораторної схожості та вивчення мікроорганізмів на насінні здійснювали методом пророщування у вологій камері в чашках Петрі на фільтрувальному папері, згідно з ДСТУ 4138-2002 [37].

Від схожості насіння залежить густина посіву і рівномірність розподілу стеблостою. Схожість насіння формується у процесі вирощування і значною мірою залежить від ґрунтово-кліматичних умов, технології вирощування, системи удобрення, значною мірою залежить від техніки вирощування,

способів збирання і умов зберігання. На якість насіння впливає його дозрівання та організація збирання врожаю, а також його дообробка (очищення, підсушування, калібрування).

За методикою насіння зернобобових культур рекомендовано пророщувати у гофрованому фільтрувальному папері. Для цього беруть смугу фільтрувального паперу довжиною  $50 \pm 2$  см і шириною  $12 \pm 0,5$  см у два шари і роблять 12-13 складок висотою 1–1,5 см. Таке ложе кладуть у змочену водою ростильню, закріплюють краї паперу до коротшого боку ростильні. У складки паперу розкладають 100 насінин по 8-9 штук у кожну. Зверху ростильню накривають листком фільтрувального паперу, змоченим водою і доливають ще води, щоб зволожити весь субстрат.

Насіння сої інкубували при температурі  $+20^{\circ}\text{C}$  ...  $+25^{\circ}\text{C}$ . Облік енергії проростання і лабораторної схожості проводили на 5-й та 10-й день. Зараженість насіння збудниками хвороб визначали біологічним методом, що ґрунтується на стимулюванні росту і розвитку патогенних мікроорганізмів як на обробленому, так і на не обробленому насінні.

*Умови проведення модельного вегетаційного дослідження:*

Для дослідження склянки ємністю 1 дм<sup>3</sup> наповнювали субстратом – 50 г спученого вермикуліту, з додаванням 180 г води. Склянки стерилізували протягом 1 год. за 1,5 атм. Попередньо візуально відбирали здорове насіння сої, ретельно його промивали під проточною водою та пророщували у вологій камері протягом 2-3 діб, щоб проростки мали довжину корінця не менше 1-2 см, і обережно промивали в стерильній водопровідній воді.

В кожну склянку розміщували по 10 паростків та вносили по 4 мл водної спорово-міцеліальної суміші виділених ізолятів (дослід 1) або 3 мл стерильної води (контроль 1).

На 14-у добу рослини відбирали із субстрату та ретельно промивали. Наступний етап – проводили підрахунок кількості уражених рослин (поширеність, %) та вимірювали суху масу коренів і пагонів.

## 2.1. Об'єкт та предмет дослідження

Об'єкт досліджень – біологічна активність фітопатогенних мікроміцетів *Fusarium gibbosum* 34 і *Alternaria consortiale* 38, виділених з ураженого насіння сої.

Предмет досліджень – особливості локалізації фітопатогенних мікроміцетів у рослинах та їх вплив на продуктивність агроценозу сої.

Мікроміцети роду *Fusarium* sp. ідентифікували за будовою, розміром і формою макроконідій та хламідоспор, кількістю перетинок, формою й розміром верхньої клітини, наявністю ніжки, вгнутістю тощо. *Fusarium* посідає важливе місце серед ендofітних грибів за кількістю виділених ізолятів. А рослини сої є сприйнятливими до 13 видів фузаріїв, рис. 2.3.

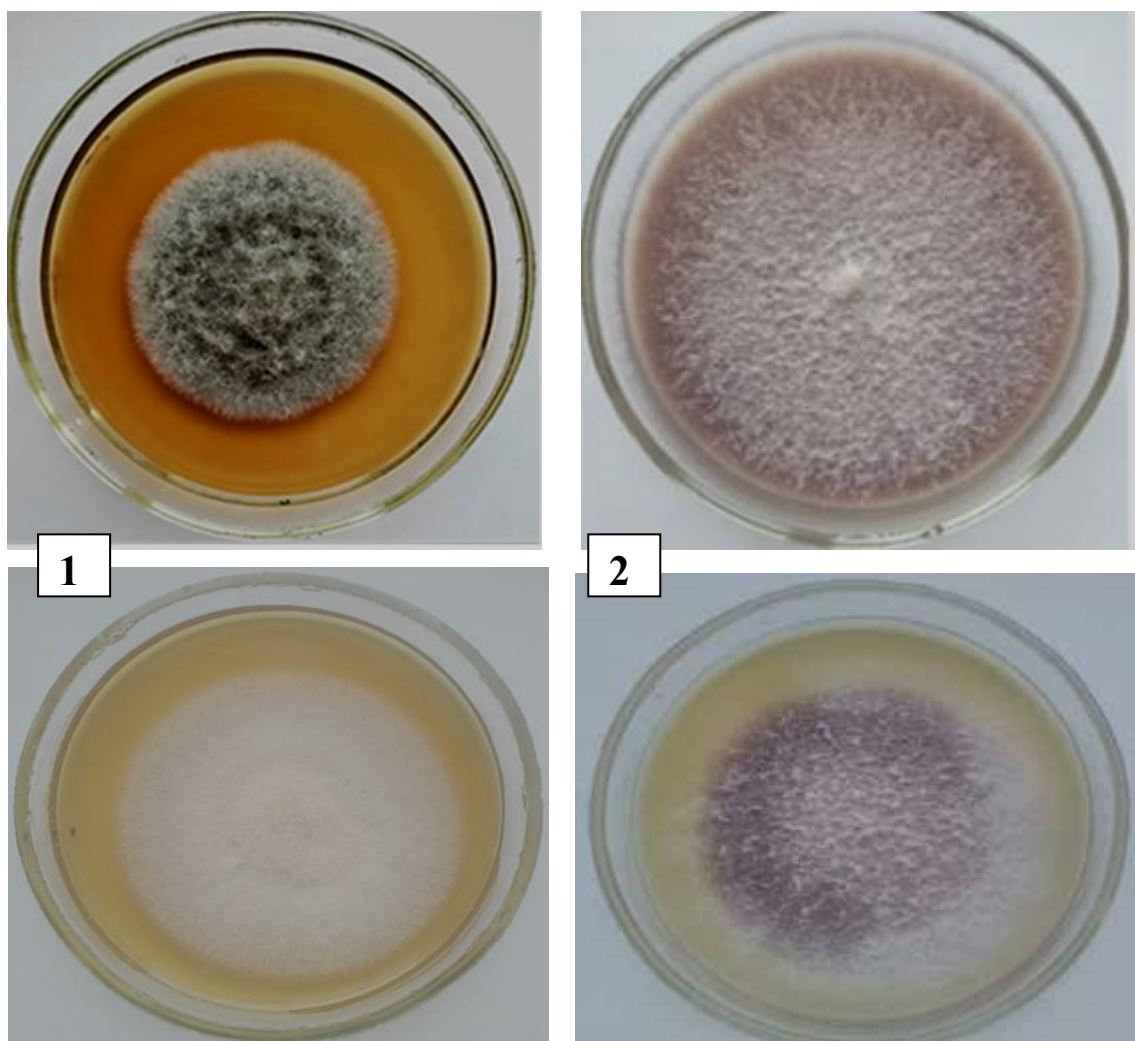


Рисунок 2.3. Колонії мікроміцетів сої :

1. *Alternaria* sp.; 2. *Fusarium* sp. (сусло-агар, 14 доба культивування)

Становить інтерес з'ясування механізмів дії виділених сапрофітних мікроміцетів на рослини сої та дослідження перспектив використання найбільш ефективних з них у сільському господарстві для захисту сої від хвороб, підвищення урожайності культури та поліпшення якості одержаної продукції.

Інтенсивність споруляції ізолятів *Alternaria* sp. визначали на 14-ти денних колоніях гриба в камері Горяєва-Тома за допомогою світлової мікроскопії, апаратурне забезпечення –Sigeta MB-130 (×40, ×100). Визначення видового складу збудників, пліснявіння насіння проводили методом роздавненої краплі.

В експерименті число спор в 1 мл досліджуваної суспензії вираховували за формулою:

$$N = (a \times 1000 / h \times S) \times n, \quad (2.1)$$

де N – кількість спор в 1 мл;

a – середнє число спор в квадраті решітки;

h – глибина камери в мм (0,1 мм);

S – площа квадрата сітки (0,04 мм<sup>2</sup>);

n – розведення вихідної суспензії.

Розрахункова камера Горяєва-Тома складається зі спеціального предметного скла з нанесеними на нього поперечними прорізами, що утворюють три поперечно розташовані плоскі майданчики. Середній майданчик розділений ще на дві площадки поздовжнім прорізом, кожна з яких має вигравіровану сітку з квадратами певної площі. По обидва боки середньої площадки в камері Горяєва розташовані дві інших на 0,1 мм вище середньої. Площини цих майданчиків служать для притирання покривного скла до появи так званих «Ньютонівських кілець».

Підрахунок клітин проводять під мікроскопом, який налаштовують таким чином, щоб була видна нанесена на камеру сітка і клітини мікроорганізму, рівномірно розподілені на ній. Після чого визначають число клітин в 1 мл досліджуваної суспензії за вищенаведеною формулою (2.1).

Згідно із сучасними уявленнями, ендofітні гриби – це філогенетично різноманітна група мікроміцетів, які упродовж певного часу безсимптомно колонізують рослинні тканини й перебувають у сапрофітній, коменсальній або мутуалістичній взаємодії з рослиною-господарем [39].

Як негативний, так і позитивний вплив ґрунтових сапротрофних мікроміцетів на розвиток рослин значною мірою забезпечується за рахунок їхньої здатності продукувати вторинні метаболіти різної хімічної природи. Фітотоксичні вторинні метаболіти мікроміцетів – це сполуки, що продукуються насамперед фітопатогенами сільськогосподарських культур і завдають значних економічних втрат.

Систематичний моніторинг за фітосанітарним станом посівів сільськогосподарських культур є важливим елементом в системах захисту [42]. При обліках поширення та інтенсивності розвитку хвороб використовували наступні методи з використанням бальних шкал. Відсоток поширення хвороби визначали за формулою (2.2):

$$P = n \times 100 / N, \quad (2.2)$$

де P – відсоток поширення хвороби;

n – кількість уражених рослин;

N – число взятих до обліку рослин.

Розвиток хвороби визначали за формулою:

$$R = (E \alpha b / \alpha \times k) \times 100, \quad (2.3)$$

де a – кількість хворих рослин;

b – бал ураження;

n – кількість рослин у пробі;

k – найвищий бал шкали обліку.

При обліку альтернаріозу інтенсивність ураження оцінювали за 5-бальною шкалою:

0 – ознаки ураження відсутні;

1 – ураження слабке, на нижніх листках дрібні плями, що займають до 10% поверхні листка;

2 – дрібними та крупними плямами вкрито близько 25% поверхні листків нижнього та до 15% середнього ярусу рослин.

3 – багаточисельні плями вкривають близько 50% поверхні листків нижнього, та до 30% середнього та верхнього ярусів. Нижнє листя жовтіє та осипається;

4 – уражена вся рослина, листки вкриті багаточисельними плямами, що зливаються на 75–100% поверхні листків. Листя масово осипається, оголяючи стебла до верхівки.

Ступінь ураження зразків листя рослин альтернаріозом визначали окомірно за площею ураженої поверхні на листках.

## 2.2. Методи проведення дослідження

**Візуальний** – для встановлення змін розвитку рослин сої; фенологічні спостереження за ростом і розвитком рослин виконували згідно «Методики державного сортовипробування сільськогосподарських культур» [40, 41].

**Кількісний** – для визначення схожості, виживаності та густоти рослин.

**Вимірювально-ваговий, морфо-фізіологічний** – для визначення біометричних (морфо метричних) параметрів рослин, площі листової поверхні посівів, маси сухої речовини, у тому числі накопичення сухої речовини за основними фазами росту і розвитку рослин сої (термостатно-ваговим методом), структури та врожаю насіння сої.

**Оптичний** – для аналізу та опису мікроміцетного патогенного комплексу рослин сої, використання світлової мікроскопії.

Для приготування тимчасового препарату необхідно на чисте предметне скло піпеткою або скляною паличкою нанести краплю води або гліцерину, в яку поміщають досліджуваний матеріал (спороношення гриба, міцелій, зрізи уражених тканин). Препарувальними голками матеріал розправляють і накривають чистим покривним скельцем (його підводять до краплі під гострим кутом і плавно накривають). Якщо крапля рідини виступає за межі покривного

скельця, її прибирають фільтрувальним папером, а якщо рідини мало, то додають піпеткою.

**Мікробіологічні, фітопатологічні** – висів на поживні середовища; ізоляція чистих культур мікроорганізмів, характеристика розвитку симптомів захворювання рослин сої на фузаріоз та альтернаріоз, визначення локалізації збудників корневих хвороб у рослинах сої (*Glycine max* (L.) Merr.).

#### **Методи виявлення *Fusarium* sp.**

Виділення грибів роду *Fusarium*, зазвичай, проводиться із зараженого насіння (зерна) за використання методу «вологих камер». Для цього зразки зерна відмивають проточною водогінною водою, знезаражують 0,5% розчином перманганату калію, промивають стерильною водогінною та дистильованою водою, після чого асептично переносять в чашки Петрі на зволожений фільтрувальний папір. Активування спор фузарій здійснюється за температури 28<sup>0</sup>С до появи на поверхні зерен видимого міцелію. Далі зерна переносять на щільне поживне середовище Чапека з гентаміцином, який додають для пригнічення росту супутньої бактеріальної біоти, та культивують за температури 27-28<sup>0</sup>С протягом 5-7 діб. Чисті культури ізолятів отримують шляхом серійних пересівів на таке ж агаризоване середовище Чапека з гентаміцином. Інтервал між пересівами встановлюють 20-28 діб [49].

Хімічний склад середовищ є дуже важливим при культивуванні фузарієвих грибів, оскільки впливає на культурально-морфологічні характеристики (зокрема форму конідій, розвиток типу спороношення, синтез пігментів, утворення варіантів). Зважаючи на це, у дослідженнях здебільшого використовують картопляний відвар та поживні субстрати на його основі, а для оцінювання мікоморфологічних ознак такі щільні живильні середовища, на яких гриби формують слабо розвинений, павутинчатоподібний, безбарвний міцелій, що стелиться по поверхні, морфологічні особливості якого (розміри, форма конідієносців, мікро- і макроконідій, хламідоспори, а також способи їхнього формування) легко визначаються.

#### **Метод експериментального моделювання в лабораторних умовах.**

**Статистично-математичний** – для визначення достовірності отриманих результатів досліджень. Статистичний аналіз проведено за програмою Statistica 8.0, дані обчислено за MS Excel.

### **Отримання інфекційного матеріалу.**

Для отримання чистої культури мікроміцету беруть рослинний матеріал (насіння), уражений хворобою. Після дезінфекції 0,5% розчином марганцевокислого калію промивають водою та розкладають у чашки Петрі або Коха на фільтрувальний папір. Через декілька днів уражені насінини вкриваються міцелієм мікроміцету. Після цього проводять пересів у пробірки на косий агар (Чапека) і вирощують культуру в термостаті за температури не менше 27<sup>0</sup>C. Через 12-14 діб перевіряють під мікроскопом культуру та використовують у подальшому для зараження.

Спочатку готують суспензію. Для цього з кожної пробірки разом з тонкою плівкою агару обережно препарувальною голкою переносять мікроміцет в пробірку з водою. Для виходу спор пробірку збовтують протягом 2-3 хвилин. Концентрація суспензії повинна відповідати 75-100 спорам у полі зору мікроскопа (наприклад, за збільшення 7×10).

*Схема дослідю:* 1. Контроль – стерильна вода (дистильована). 2. Варіанти дослідю – обробка паростків сої спорово-міцеліальною сумішшю виділених ізолятів (1. *Alternaria consortiale*; 2. *Fusarium gibbosum*).

У вегетаційному модельному досліді використовували по 10 здорових рослин сої у кожному варіанті, повторність дослідю 3-разова.

Аналіз комплексу симптомів виявлення фузаріозу на сої, зокрема: кореневу гниль, некроз сім'ядоль, загнивання точки росту, загибель проростків ще до виходу на поверхню ґрунту, в'янення, пожовтіння рослин, опадання квіток і зав'язі, недорозвинення бобів, щуплість насіння і зниження їх схожості.

Широка філогенетична спеціалізація збудників фузаріозів сприяє їх швидкому накопиченню у ґрунті і тим самим ускладнює боротьбу з ними.

На сучасному етапі інтенсивного ведення сільського господарства стало очевидним, що найбільш прийнятним заходом захисту від шкідливих

організмів є інтегрований захист сільськогосподарських культур, що передбачає не просте винищення, а стримування патогенів у розвитку з найменшими наслідками для навколишнього середовища. Агротехнічні прийоми у поєднанні з іншими тривало діють й позитивно позначаються на загальному стані агробіоценозів. Правильна сівозміна, дотримання термінів сівби, своєчасна обробка ґрунту, догляд за рослинами дають можливість захистити урожай без значного додаткового залучення хімічних засобів.

## РОЗДІЛ 3

### РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

#### 3.1. Характеристика мікроміцетного фітопатогенного комплексу кореневої зони рослин сої (*Glycine max*)

Експериментальну частину роботи за даним етапом досліджень було зацентовано на характеристиці мікроміцетного патогенного комплексу кореневої зони рослин сої. Такі дослідження необхідні для того, щоб у подальшому виділити найбільш шкідливі збудники корневих хвороб, а саме цільові фітопатогени *Alternaria* sp., *Fusarium* sp.

В результаті проведених досліджень встановлено, що видовий склад фітопатогенів був представлений як первинною, так і вторинною інфекцією (табл. 3.1).

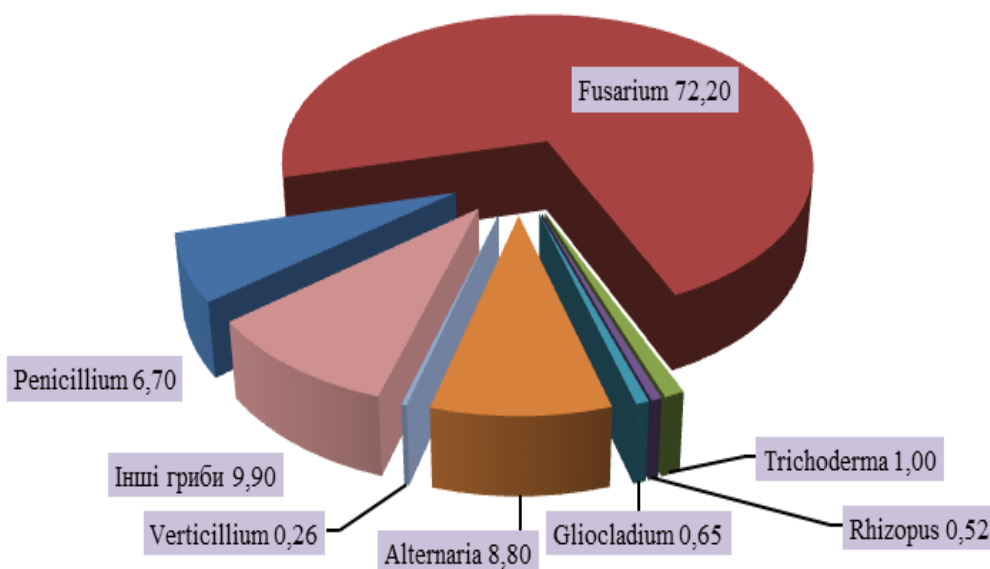
**Таблиця 3.1 – Видовий склад мікроміцетних збудників хвороб на насінні сої сорту Легенда (результати мікроскопічного аналізу)**

| Збудник                 | Частка насіння сої,<br>ураженого фітопатогенами |
|-------------------------|---|
| <i>Alternaria</i> sp.   | 2,2±0,5   |
| <i>Fusarium</i> sp.     | 3,3±1,4   |
| Змішані форми патогенів | 1,0±0,8   |

Видовий склад збудників сапрофітної інфекції був представлений грибами родів *Alternaria* та *Fusarium*, поширеність яких коливалась від 2,2 до 3,3%. Серед змішаних форм зафіксовано представники *Mucor*, *Aspergillus*, *Penicillium*, поширеність яких коливалась від 0,5 до 1,0%.

Так, встановлено, що найбільш поширеними в ризосферному ґрунті були представники роду *Fusarium* (72,2% від загальної кількості виділених мікроміцетів у ризосферному ґрунті), рис. 3.1.

На другому місці після фузаріуму виявилася інфекція змішаного типу (близько 10,0%), а також представники *Alternaria* (до 8,8%).



**Рисунок 3.1. Угрупування мікроміцетів ризосфери рослин сої (% до загальної кількості виділених грибів)**

У кореневій зоні рослин сої траплялися також гриби родів *Trichoderma* і *Penicillium*. Усього з ураженого рослинного матеріалу (коріння рослин, насіння) сої в чисту культуру ізолювано 2 штами мікроміцетів.

Нині наявні наукові матеріали відображають різноманітні дані щодо роздільного та інтегрованого застосування хімічних і біологічних препаратів у технологіях вирощування сільськогосподарських культур. Водночас більшість науковців доводять позитивний вплив їх комбінування на функціонування мікробного ґрунтового комплексу та проходження основних фізіологічних процесів в рослинах за одночасного зростання їх продуктивності і покращення якості врожаю. Розв'язання завдання підвищення ефективності функціонування бобово-ризобіального симбіозу рослин сої при застосуванні хімічних і біологічних препаратів дозволить розробити для виробництва елементи

біологізованої технології вирощування культури, що в нинішніх умовах є надзвичайно актуальним і необхідним.

Аналізуючи опубліковані експериментальні дані, можна сказати, що згідно досліджень різних вчених [43], збільшення чисельності ризосферної мікробіоти зернобобових культур простежується на фоні передпосівної обробки насіння мікробіологічними препаратами (наприклад, Поліміксобактерином), де показник чисельності мікробіоти перевищував контроль на 39,0%, мікроміцетів – 38,0%, стрептоміцетів – 47,0%. За даними Ю.І. Івасюк зі співавторами [44], передпосівна обробка насіння сої сумішшю препаратів Ризобофіт 100 мл/т + Регоплант 250 мл/т із наступною обробкою посівів гербіцидом Фабіан 90, 100, 110 г/га забезпечила зростання чисельності ризосферних мікроорганізмів порівняно з контролем на 59,0, 58,0 і 56,0%, при цьому активність комплексу ґрунтових ферментів зростала на 17,% – для інвертази, 30,0% – для каталази і 47,0% – для протеази.

Найбільш повну характеристику спрямованості проходження мікробіологічних процесів у ризосферному ґрунті може надати ферментативна активність. А збільшення числа ризосферних мікроорганізмів є одним із чинників активізації трансформаційних процесів у ґрунті, в тому числі й ферментативних.

Наявність у корневих виділеннях рослин сої специфічних сполук є причиною різноманітності видового та кількісного складу ризосферної мікрофлори. Екзометаболіти можуть впливати на мікроорганізми: позитивно – через накопичення агрономічно корисної мікробіоти та негативно – через активування розвитку мікроорганізмів, які продукують токсини. Кореневі екзометаболіти захищають проростаюче насіння, проростки й рослини від збудників хвороб, виявляють фунгіцидні та бактерицидні властивості. Ексудати рослин інактивують токсини та екзоферменти, які виділяються грибами в оточуюче середовище, гальмують спороношення грибів, зокрема збудників фузаріозу бобових культур.

Таким чином, в результаті проведених досліджень ізольовано у чисту культуру штами мікроміцетів – збудників корневих хвороб сої. У подальших дослідках буде вивчено їх фітотоксичну активність.

Для експерименту відібрано фітопатогенні гриби *Fusarium gibbosum* та *Alternaria consortiale*.

### **3.2. Мікробіологічний аналіз колоній та конідій *Fusarium gibbosum* 34 і *Alternaria consortiale* 38**

Незважаючи на значний обсяг теоретичних і методологічних досліджень, низка проблем щодо екологічної безпеки в аграрній сфері досі залишається невирішеною. Недостатньо вивчені особливості та характеристика загроз і ризиків, формування стратегії екологічної безпеки в аграрному секторі. У численних дослідженнях вітчизняних та зарубіжних науковців [18, 45, 46] практичне значення та інтерес приділяється вивченню механізмів рослинно-мкробної взаємодії, зокрема ф фітопатогенних організмів з рослиною сої.

У проведених мікробіологічних та фітопатологічних дослідженнях встановлено, що чиста культура *Fusarium* характеризується добре розвиненим, спочатку пухнастим білим міцелієм (рис. 3.2).



**Рисунок 3.2. Колонії *F. gibbosum* 34 на агаризованому середовищі Чапека (7 доба культивування)**

Пізніше (на 8-10 добу культивування) колір гриба змінюється на бежевий і набуває насиченого оливкового відтінку. Знизу колонії набувають персиковий колір, який з часом змінюється на жовто-палевий та потім з часом темнішає до темно-коричневого.

Ідентифікація грибів роду *Fusarium* викликає найбільше труднощів, у порівнянні з видами інших родів. На сьогодні відомо описи 70 видів цього роду. Для більшості видів роду *Fusarium* доступна інформація лише про морфологічні ознаки. Повна стратегія ідентифікації культур *Fusarium* sp. включає збір інформації про симптоми хвороби, виділення патогена в чисту культуру, очищення останньої, визначення патогенності ізоляту до оригінальної рослини-господаря та інших видів потенційних рослин-господарів, вивчення морфологічних і, при необхідності, молекулярних ознак і перехресну фертильність [48].

Відповідно до Міжнародного кодексу ботанічної номенклатури, сучасна систематика грибів роду *Fusarium* виглядає так: домен – *Eukaryota*, царство – *Fungi/Mycota*, відділ – *Ascomycota*, клас – *Sordariomycetes*, підклас – *Hypocreomycetidae*, порядок – *Hypocreales*, родина – *Nectriaceae*, рід – *Fusarium* Link.

Різні види роду *Fusarium* можна відрізнити один від одного за широким спектром морфологічних ознак. *Fusarium* sp. – це нитчасті гриби, що мають складну морфологічну будову.

Під мікроскопом гіфи виглядають як павутинна мережа ниток, які розгалужуються. Залежно від виду та умов росту повітряний міцелій може мати колір від ніжно-рожевого та бордового до фіолетово-блакитного.

Спороутворюючі структури, які називаються конідієносцями, розвиваються з міцелію.

Великі багатоклітинні спори, які називаються макроконідіями, які є нестатевими спорами, розвиваються в спородохії, вони часто проявляються у вигляді слизових плям на культурі. У деяких видів спородохії можуть бути настільки розвиненими, що вони зливаються в більш товстий шар слизу.

Макроконідії містяться у повітряному міцелії, веретеновидно-серповидні, посередині з невеликим діаметром і випуклою стороною, поступово стають тоншими на кінцівках. Кінцівки вигнуті. Мають 4-5 перегородок, розмірами 20-30 x 3,7-5 мкм. У повітряному міцелії утворюються веретеновидні конідії з трьома перегородками 8-12 x 2-3 мкм (рис. 3.2). Хламідоспори гладенькі, розташовані в міцелії і у старих конідіях.



**Рисунок 3.2. Мікроскопія *F. gibbosum* 34 – конідії та хламідоспори (збільшення x 1000)**

Отже, хламідоспори – товстостінні нестатеві спори, заповнені ліпідоподібною речовиною. Більшість видів роду *Fusarium* здатні їх продукувати і вони широко поширені в ґрунті. Зовнішня стінка хламідоспори може бути гладкою або шорсткою, і вони можуть групуватися, об'єднуватися в пари або навіть утворювати ланцюжки. Перезимівля *Fusarium* sp. у ґрунті та на інших субстратах значною мірою залежить від них.

До механізмів захисту від несприятливих умов, що притаманний представникам роду *Fusarium*, можна віднести і здатність до утворення склероціїв. Склероція представляє собою щільне сплетіння гіфів міцелію білуватого, жовтуватого, коричневого чи синього кольорів, що складаються із товстостінних і темних клітин зверху та тонкостінних і безбарвних всередині.

Вони можуть зберігатись до кількох років у абсолютно сухому середовищі, не втрачаючи здатності до проростання. Склероція, зазвичай, утворюється і розвивається в тканинах рослини-господаря або в ґрунті, що забезпечує виживання гриба за несприятливих умов, особливо за низьких температур під час зимівлі.

У процесі виконання роботи та виділення ізолятів мкроміцетного комплексу рослин сої було вилучено штам *A. consortiale* 38, який ґрунтовно дослідили та описали. Так, штам *A. consortiale* 38 характеризується швидким ростом. Йог міцелій має блідо-жовто-коричневий колір, дрібно шишковидний, перегородковий, рис. 3.3.



**Рисунок 3.3. Колонії *A. consortiale* 38 на агаризованому середовищі Чапека (7 доба культивування)**

Анаморфний рід грибів *Alternaria* відноситься до сімейству *Pleosporaceae* (*Pleosporales*, *Dothideomycetes* та *Ascomycota*). Відмінною ознакою грибів цього роду є утворення великих, багатоклітинних темнозбарвлених конідій з поперечними та поздовжніми перегородками. Систематика грибів роду *Alternaria* – предмет постійних наукових дискусій та регулярно переглядається.

Конідієносці коричневі прямостоячі прості, нерозгалужені, дрібно шорсткі стінки в частинах, прилеглих до вегетативного міцелію, напівпрозорі

від блідо-оливково-коричневого до коричневого біля 3-5 мкм діаметром, довжиною близько до 60 мкм.

Виявлено, що конідіогенні клітини зближуються один з одним, надаючи щільно викривлений вигляд, знизу нерозширені. Утворюють акрогенні (верхівочні) конідії (рис. 3.4), які зміщуються при подовженні росту конідієносця, який стає колінчастим.

В цілому конідії *A. consortiale* різні за формою: від кулеподібних до яйцевидних, спочатку майже гладенькі, з 1-5 поперечними і 1-6 поздовжніми або косими перегородками, розвиток є складним із вставленням поздовжніх і косих перегородок, так що конідії можуть містити комбінацію багатосептових і Y-перегородкових форм, не чітко потовщені на перегородках, спостерігається, що основа спочатку конічна або округла, верхівка від вузько до широко заокругленої; переважно поодинокі, але іноді в коротких ланцюгах, від темно-коричневих до чорних (18-25 x 14-17 мкм).



**Рисунок 3.4. Мікроскопія *A. consortiale* 38 – акрогенні конідії (збільшення x 400)**

Сучасні дослідження підтверджують, що мікроміцети роду *Fusarium*, що викликають фузаріоз, переживають міжсезонні періоди у вигляді міцелію, формування перитецію або хламідоспор у рослинних залишках [47]. Залишки зернових, зернобобових культур особливо придатні для виживання та розмноження мікроміцетів цього роду. Навесні зрілі перитеції виділяють

аскоспори, які вважаються первинним інокулятом. Аскоспори переносяться потоками повітря, осідають на поверхні рослини і вражають колоски. Інфекції можуть виникнути в будь-який час від часткової появи колоса до зрілості; однак більшість інфекцій виявляється під час цвітіння частково через те, що пиляки містять стимулятори для проростання спор і росту патогенів.

Пом'якшення кліматичних умов в Україні, що спостерігається у вигляді теплої погоди і надлишку вологи навесні та активний перехід фермерів на мінімальну систему обробітку ґрунту для зменшення затрат, що в свою чергу призводить до скорочення оборотних культур і посівів монокультур без сівобороту, сприяє накопиченню в ґрунті та розповсюдженню різних видів фузарій.

Здатність грибів роду *Alternaria* активно брати участь у патогенезі і розвиватися у широкому діапазоні умов забезпечується насамперед наявністю альтернарієвої кислоти. Цей токсин зберігається протягом всієї вегетації рослин і проявляє антибіотичну активність до інших патогенів.

В результаті проведених досліджень дана морфологічна та мікроскопічна характеристика виділених штамів мікроміцетів (різновиди колоній та конідій *Fusarium gibbosum* 34 і *Alternaria consortiale* 38), які у перспективі будуть досліджено на фітотоксичну активність, зокрема серію досліджень щодо впливу культуральних рідин штамів грибів, виділених з ураженого рослинного матеріалу сої, на енергію проростання, схожість, довжину коренів і пагонів тест-рослини крес-салату (*Lepidium sativum* L.).

### **3.3. Дослідження впливу культуральних рідин штамів мікроміцетів *Fusarium gibbosum* 34 і *Alternaria consortiale* 38, виділених з ураженого рослинного матеріалу сої, на енергію проростання, схожість, довжину коренів і пагонів тест-рослини *Lepidium sativum* L.**

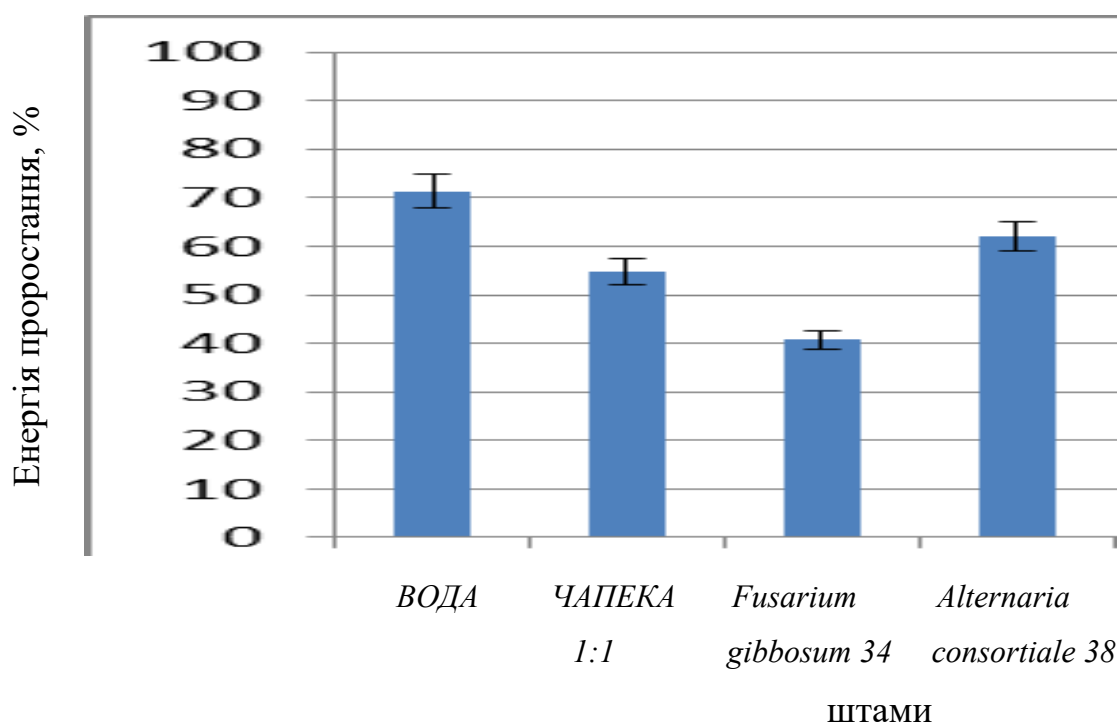
Метаболіти патогенів займають провідне місце в ініціації і розвитку патологічного процесу і є «ефекторами» патогенності. На перших етапах атаки патогени надсилають рослинам хімічні сигнали і вступають у молекулярну взаємодію, мета якої полягає у проникненні всередину рослинного організму, пригніченні захисних реакцій і використанні вмісту рослинних клітин як джерела живлення.

Як відомо, для колонізації тканин фітопатогени використовують різні стратегії: некротрофи вбивають своїх господарів токсинами і живляться мертвими рослинними рештками, тоді як біотрофи колонізують живі тканини і маніпулюють метаболізмом рослин, використовуючи фітогормони. Токсини, ферменти, фітогормони та інші біологічно активні речовини, які високоспецифічно взаємодіють з речовинами рослини-хазяїна, можуть бути факторами патогенності.

У проведених дослідженнях дана оцінка впливу культуральної рідини штамів мікроміцетів, виділених з ураженого рослинного матеріалу сої, на енергію проростання, схожість, довжину коренів і пагонів тест-рослини крес-салату *Lepidium sativum* L.

Культуральну рідину отримували за вирощування штамів мікроміцетів на рідкому поживному середовищі Чапека. Для досліджень культуральну рідину розбавляли стерильною водопровідною водою у співвідношенні 1:1, оскільки нерозбавлена культуральна рідина і поживне середовище Чапека повністю інгібували проростання насіння.

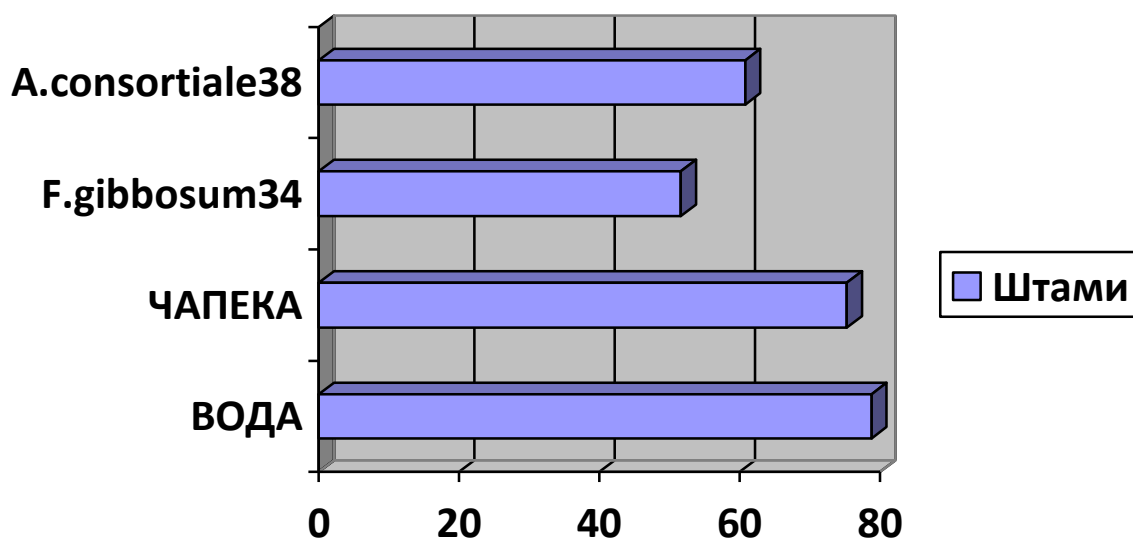
Результати дослідження енергії проростання *Lepidium sativum* L. представлені на рисунку 3.5.



**Рисунок 3.5.** Енергія проростання насіння тест-культури *Lepidium sativum* L. за впливу культуральної рідини штамів мікроміцетів, виділених з ураженого рослинного матеріалу сої

Як свідчать одержані дані, штам *Fusarium gibbosum* 34 і дещо знижував енергію проростання (показник в межах 40,0%). Звертає увагу на себе штам *Alternaria consortiale* 38 стимулював енергію проростання на 62,0%. Аналогічні результати отримано і за показникам схожості (рис. 3.6).

Підсумовуючи одержані експериментальні результати, можна зазначити, що всі досліджувані штами проявляли значну інгібуючу дію на схожість і енергію проростання тест-культури і характеризувалися незначним впливом на ріст пагонів і коренів *Lepidium sativum* L.



**Рисунок 3.6. Схожість насіння тест-культури *Lepidium sativum* L. за впливу культуральної рідини штамів мікроміцетів, виділених з ураженого рослинного матеріалу сої.**

Таким чином, вагомою причиною зниження продуктивності рослин сої є ураження рослин збудниками корневих гнилей у різному ступені. Симптоми фузаріозного ураження рослин можуть спостерігатися протягом усього періоду вегетації. Ще одним із чинників, що негативно впливають на продуктивність сої є сапрофітні гриби – продуценти фітотоксичних речовин, які обумовлюють токсичність ґрунту.

Для підтвердження патогенності виділених штамів мікроміцетів проведена серія вегетаційних дослідів, результати яких представлені у наступному підрозділі 3.4.

### 3.4. Оцінка патогенності штамів *Fusarium gibbosum* 34 і *Alternaria consortiale* 38 щодо рослин сої

У модельних лабораторних дослідах вивчено здатність досліджуваних штамів мікроміцетів (*Fusarium* sp. і *Alternaria* sp.) викликати хвороби рослин сої. Для цього був закладений стерильний вегетаційний дослід на вермикуліті, який дозволяє за невеликий проміжок часу оцінити шкодочинність мікроорганізмів.

Одержані результати свідчать, що виділені з ураженого насіння сої штами №34 і №38 були найбільш шкодочинними.

Вплив зазначених штамів на рослини сої представлено на рисунках 3.7 і 3.8 та у таблиці 3.2.



Контрольний варіант дослідження (ліворуч, А) та дослідний варіант за впливом штаму мікроміцету на рослини сої (праворуч, Б)

**Рисунок 3.7. Вплив фітопатогенного мікроміцета *Fusarium gibbosum* 34 на рослини сої (модельний дослід 1)**

Як свідчать одержані результати штам *F. gibbosum* 34 уражує спочатку сходи рослин сої. Корені уражених рослин розвиваються слабо, рослини легко вириваються й відстають у рості та розвитку.



А

Б

Контрольний варіант досліду (ліворуч, А) та дослідний варіант за впливом штаму мікроміцету на рослини сої (праворуч, Б)

**Рисунок 3.8. Патогенний вплив штаму *Alternaria consortialis* 38 на рослини сої (модельний дослід 2)**

За результатами модельного дослідження №2 показано, що штам мікроміцету *A. consortialis* 38 уражує спочатку сходи рослин сої, потім з'являється на інших частинах рослин: коренях, стеблах, листах.

На листках сої першою ознакою альтернариазу є темно-бурі плямирізного розміру та форми, листки в'януть та засихають. Уражені рослини відстають у рості.

**Таблиця 3.2 – Вплив фітопатогенних мікроміцетів *Fusarium gibbosum* 34 і *Alternaria consortiale* 38 на рослини сої (лабораторний модельний дослід)**

| Штами мікроміцетів               | Поширення хвороби, % | Вміст сухої речовини в коренях, % щодо контролю | Вміст сухої речовини в надземній масі рослин, % щодо контролю | Вміст сухої речовини в рослинах, % щодо контролю |
|----------------------------------|----------------------|---|---|--|
| <i>Fusarium gibbosum</i> 34      | 41,0                 | 73,2  | 81,0  | 78,9   |
| <i>Alternaria consortiale</i> 38 | 54,0                 | 71,5  | 73,2  | 72,7   |

Як свідчать одержані дані, ураження рослин сої фітопатогенними мікроміцетами призводить до зменшення сухої речовини як у коренях, так і в надземній масі рослин. У варіанті зараження *F. gibbosum* 34 вміст сухої речовини у коренях зменшився на 26,8 %, в надземній масі рослин – на 19,0%. Ураження сої *A. consortialis* 38 призвело до зменшення сухої маси рослин відповідно на 28,5% і 26,8%.

За результатами вегетаційних дослідів мікроміцет *F. gibbosum* 34 уражує як наземну, так і кореневу систему рослин. Спочатку уражуються сходи, потім симптоми з'являються на всіх частинах рослин: коренях, стеблах, листах. Корені уражених рослин розвиваються слабо, рослини легко вириваються і відстають у рості та розвитку. У наземній частині фузарій викликає гніль стебла. Уражуються також репродуктивні органи рослини.

Встановлено, що корені гниють з коричневими або чорними епідермальними тканинами і червонуватим або коричневим забарвленням судин, поширюючись на стебло. Симптоми листя включають міжжилковий хлороз, передчасну дефоліацію та в'янення (рис. 3.9).

Таким чином підтверджено патогенність виділеного штаму *F. gibbosum* 34 – збудника фузаріозу сої.



**Рисунок 3.9. Міжжилковий хлороз та в'янення листків сої, уражених штамом мікромцету *F. gibbosum* 34**

У проведених дослідженнях встановлено, що штам мікромцету *A. consortiale* 38 уражує спочатку сходи, потім з'являється на всіх частинах рослин: коренях, стеблах, листах. Рослини відстають у рості. На листках сої, уражених *A. consortialis* 38, першою ознакою альтернаріозу є темно-бурі плями різного розміру та форми. Листки в'януть та засихають (рис. 3.10).



**Рисунок 3.10. Прояви альтернаріозу на листках сої, уражених штамом *A. consortialis* 38**

Таким чином, в результаті досліджень підтверджено патогенність виділеного штаму *A. consortiale* 38 – збудника альтернаріозу сої.

## ВИСНОВКИ

На основі проведених досліджень виконано комплексний аналіз з питання вивчення патогенності щодо рослин сої найбільш шкідливих збудників корневих хвороб (*Fusarium* sp. і *Alternaria* sp.) та визначення їх локалізації у рослинах сої з описом розвитку симптомів захворювання.

1. При характеристиці мікроміцетого патогенного комплексу кореневої зони рослин сої виділено найбільш шкідливі збудники сапрофітної інфекції (корневих хвороб) – фітопатогенні мікроміцети *Alternaria* sp., *Fusarium* sp., поширеність яких коливалась від 2,2 до 3,3%.

2. Встановлено, що представники роду *Fusarium* складають до 72,2% від загальної кількості виділених мікроміцетів у ризосферному ґрунті сої. На другому місці після фузаріуму виявилася інфекція змішаного типу (близько 10,0%), а також представники *Alternaria* (до 8,8%).

3. В результаті проведених досліджень дана морфологічна та мікроскопічна характеристика виділених штамів мікроміцетів (різновиди колоній та конідій *Fusarium gibbosum* 34 і *Alternaria consortiale* 38). Чиста культура *Fusarium* характеризується добре розвиненим, спочатку пухнастим білим міцелієм. У повітряному міцелії утворюються веретеновидні конідії з трьома перегородками 8-12 x 2-3 мкм. Хламідоспори гладенькі, розташовані в міцелії і у старих конідіях.

4. Аналіз штаму *Alternaria consortiale* 38 дозволив дати морфологічну характеристику за швидкістю росту та кольором мікроміцету (міцелій має блідо-жовто-коричневий колір, дрібно шишковидний, перегородковий). Виявлено, що конідіогенні клітини зближуються один з одним, надаючи щільно викривлений вигляд. Спостерігається утворення акрогенних (верхівочних) конідій, які зміщуються при подовженні росту конідієносія, який стає колінчастим. Конідії переважно поодинокі, але іноді в коротких ланцюгах, від темно-коричневих до чорних (18-25 x 14-17 мкм).

5. Оцінка впливу культуральної рідини штамів мікроміцетів *Fusarium gibbosum* 34 та *Alternaria consortiale* 38, виділених з ураженого рослинного матеріалу сої, на енергію проростання, схожість, довжину коренів і пагонів тест-рослини крес-салату *Lepidium sativum* L. показала інгібуючу дію на зазначені показники (*Fusarium gibbosum* 34 знижував енергію проростання в межах 40,0%). Показано незначний вплив дослідних штамів на ріст пагонів і коренів *Lepidium sativum* L.

6. Підтверджено патогенність щодо рослин сої найбільш шкідливих збудників кореневих хвороб *Fusarium* і *Alternaria*, які виділені у чисту культуру як *Fusarium gibbosum* 34 і *Alternaria consortiale* 38. У варіанті зараження *F. gibbosum* 34 вміст сухої речовини у коренях сої зменшився на 26,8%, в надземній масі рослин – на 19,0%. Ураження сої штамом *A. consortialis* 38 призвело до зменшення сухої маси рослин відповідно на 28,5% і 26,8%. Штам *F. gibbosum* 34 уражує як наземну, так і кореневу систему рослин сої (спостерігається міжжилковий хлороз та в'янення листків). Штам мікроміцету *A. consortiale* 38 уражує спочатку сходи, потім з'являється на всіх частинах рослин сої (темно-бурі плями різного розміру та форми).

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бабич А.О., Бабич-Побережна А.А. Світові та вітчизняні тенденції розміщення виробництва і використання сої для розв'язання проблеми білка. Корми і кормовиробництво. 2012. 71: 12–26.
2. Кириченко В.В., Рябуха С.С., Кобизева Л.Н., Посилаєва О.О., Чернишенко П.В. Соя (*Glycine max* (L.) Merr.): монографія. Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН. Х., 2016. 400 с.
3. Мазур В.А., Ткачук О.П., Панцирева Г.В., Купчук І.М. Соя в інтенсивному землеробстві. Вінниця: «Нілан-ЛТД», 220 с.
4. Бахмат О.М. Адаптивна сортова технологія вирощування сої у господарствах Лісостепу західного: рекомендації. Кам'янець Подільський: ПП Зволейко Д. Г., 2012. 40 с.
5. Бахмат О.М. Соя – культура майбутнього, особливості формування високого врожаю: монографія. Кам'янець-Подільський: ПП Мошак М.І., 2009. 208 с.
6. Демидась Г.І., Квітко Г.П., Ткачук О.П. Бобові трави як основа природної інтенсифікації кормовиробництва. К.: Нілан-ЛТД, 2013. 322 с.
7. Бабич А.О. Проблеми білка і вирощування зернобобових на корм. К.: Урожай, 1993. 192 с.
8. Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні на 2021 рік. Київ, 2021. 537 с.
9. Євтушенко М.Д., Лісовий М.П., Пантелеєв В.К., Слісаренко О.М. Імунітет рослини. К.: Колобіг, 2017. 304 с.
10. Бровдій В.М., Гулий В.В., Федоренко В.П. Біологічний захист рослин. К.: Світ. 2016. 348 с.
11. Пінчук Н.В., Коваленко Т.М., Вергелес П.М. Садово–паркова фітопатологія: Навч. посіб. за ред. Н.В. Пінчук: Вінниця: ВНАУ, 2020. 432 с.
12. Bist N.S., Bist P. Role Of Microorganisms In Post-Harvest Loss Of Agricultural Products: A Review. Sustainability in Food and Agriculture (SFNA). 2020. 2(1): 1–4.
13. Дудченко В.В., Марковська О.Є., Макуха О.В. Шкідливість білої гнилі у

посівах сої. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої 75-річчю заснування Інституту захисту рослин НААН, 150-річчю від дня народження Поспелова Володимира Петровича, 100-річчю від дня народження Арешнікова Бориса Андрійовича, 90-річчю від дня народження Доліна Володимира Гдаліча (24-25 травня 2022 року). Захист рослин: наукові здобутки та перспективи досліджень: К.: ІЗР НААН, 2022. 219–221 с.

14. Марков І.Л. Діагностичні ознаки хвороб сої та біолого-екологічні особливості розвитку їх збудників. *Агроном*. 2013. 1: 136–149.

15. Кирик М., Піковський М., Таранухо Ю., Лич С. Хвороби сої: діагностика, особливості розвитку та заходи захисту. *Пропозиція*. 2014. 1: 96–98.

16. Мікробні препарати в сучасних аграрних технологіях. За ред. В.В. Волкогона. К., 2015. 248 с.

17. Землеробство з основами екології, ґрунтознавства та агрохімії. В.Ф. Петриченко, М.Я. Бомба, М.В. Патица та ін. К. : Аграрна наука, 2011. 492 с.

18. Агромікробіологія з основами біотехнології: монографія /Я.М. Гадзало, М.В. Патица, А.С. Заришняк, Т.І. Патица. К.: Аграрна наука, 2019. 204 с.

19. Catroux G. Trends in rhizobial inoculants production and use / G. Catroux, A. Hartmann, C. Revellin. *Plant and Soil*. 2001. 230(1): 21–30.

20. Daryaei A., Jones E. E., Ghazalibiglar H., Glare T. R., Falloon R. E. Culturing conditions affect biological control activity of *Trichoderma atroviride* against *Rhizoctonia solani* in ryegrass. *Journal of Applied Microbiology*. 2016. 121 (2), 461–472.

21. Sood M., Kapoor D., Kumar V., Sheteiwu M. S., Ramakrishnan M., Landi M., Araniti F., Sharma A. (2020). *Trichoderma*: the “secrets” of a multitalented biocontrol agent. *Plants*. 2020. 9 (6), 762.

22. Задоржний В.С. Ефективність біологічних препаратів на посівах сої / В.С. Задоржний, В.В. Карасевич, С.М. Свитко, А.В. Лабунець, О.В. Князюк. *Корми і кормовиробництво. Міжвідомчий тематичний науковий збірник. Вінниця «Видавництво–друкарня Діло»*. Вип 87. 2019. С.70-78.

23. Pospelova G., Kovalenko N., Nechiporenko N., Kocherga V., Grechkosiy A., Skliar S. Fungicidal protection of soy crops against root rot. *Scientific Progress & Innovations*. 2023. 26(3):5–10.
24. He H., Zhai Q., Tang Y., Gu X., Pan H., Zhang H. Effective biocontrol of soybean root rot by a novel bacterial strain *Bacillus siamensis* HT1. *Physiological and Molecular Plant Pathology*. 2023. 125:101984.
25. Milenko O.H., Sidash A.A., Nevkrytyi M.M., Plishko O.V., Kostenko R.V. Vplyv preparativ na efektyvnist inokuliatsii posivnoho materialu soi. *Ahrarni Innovatsii*, 2023. 16:49–53.
26. Pospelova H.D., Barabolia O.V., Morozova O.O. Influence of biological preparations on the phytosanitary state of soybean seeds. *S Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 2018. 4:37–42.
27. Pospelova H.D., Chaika T.O., Stepanenko R.O. Doslidzhennia patohennoi mikroflory nasinnia soi. In: T. O. Chaika, I. O. Yasnolob, & O. O. Horb (red). *Enerhoefektyv-nist i enerhonezalezhnist silskykh terytorii: peredumovy formuvannia ta funktsionuvannia: kolektyvna monohrafiia*. Poltava: Vydavnytstvo PP «Astraiia». 2020. 176–182.
28. Биорегуляция микробно-растительных систем: монография. Г.А. Иутинская, С.П. Пономаренко, Е.И. Андреюк [и др.]; под. ред. Г.А. Иутинской, С.П. Пономаренко. К. : Ничлава, 2010. 464 с.
29. Методологія і практика використання мікробних препаратів у технологіях вирощування сільськогосподарських культур / В.В. Волкогон, А.С. Заришняк, І.В. Гриник [та ін.]. К. : Аграрна наука, 2011. 156 с.
30. Nair D.N., Padmavathy S. Impact of endophytic microorganisms on plants, environment and humans. *Sci World J*. 2014. 250-693.
31. Glick B.R. Plant growth-promoting bacteria: mechanisms and applications. 2012. Article ID 963401:1-15.
32. Kots S.Ya., Morgun V.V., Patyka V.P., Malichenko S.M., Mamenko P.M., Kiriziy D.A., et al. Biological nitrogen fixation: legume-rhizobial symbiosis, T2. 2011. Kyiv: Logos.

33. Патики В.П., Омелянець Т.Г., Гриник І.В. Екологія мікроорганізмів: посіб. / за ред. В. П. Патики. К. : Основа, 2007. 192 с.
34. Lugtenberg B.J.J., Bloemberg G.V., Van Brussel A.A.N., Kune J.W., Thomas-Oates J.E., Spaink H.P. Signals involved in nodulation and nitrogen fixation //Nitrogen Fixation: Fundamentals and Applications. Proc. of the 10-th Inter. Congr. on Nitr. Fixation.(St. Peterburg, May 28 – June 3, 1995). – Dordrecht/Boston/London: Kluwer Acad. Publ., 1995. – P. 37-48.
35. Билай В.И. Токсинообразующие микроскопические грибы и вызываемые ими заболевания человека и животных / В.И. Билай, Н.М. Пидопличко. К.: Наукова думка, 1970. – 291 с.
36. Пидопличко Н.М. Грибы – паразиты культурных растений. Грибы несовершенные. Киев: Наук. думка, 1977. Т. 2. 298 с.
37. DSTU 4138-2002 Nasinnia silskohospodarskykh kultur. Metody vyznachennia yakosti. Chynnyi vid 2003-01-01. (2004). Kyiv [in Ukrainian].
38. Beznosko I. Vplyv metabolitiv sortiv percyu solodkogo na intensyvnyist sporoutvorenniya mikromiceta *Alternaria solani* (Ell. et Mart.) [Effect of metabolites of sweet pepper varieties on the spore formation intensity of the micronucleus *Alternaria solani* (Ell. et Mart.)]. *Ahroekologichnyi zhurnal. Agroecological Journal*. 2013. 2:106–109.
39. Schouten, A. Endophytic fungi: Definitions, diversity, distribution and their significance in plant life. In A. Schouten (Ed.). *Endophyte Biotechnology: Potential for Agriculture and Pharmacology*, 2019. (pp. 6–31). Boston: CAB International.
40. Методика державного сортовипробування сільськогосподарських культур. Вип. 1. Загальна частина / ред. : В. В. Волкодав; Держ. коміс. України по випробуванню та охороні сортів рослин. Київ, 2000. 100 с.
41. Основи наукових досліджень в агрономії / за ред. В. О. Єщенка. Київ : Дія, 2005. 288 с.
42. Практикум із основ наукових досліджень у захисті рослин / за ред. І.Л. Маркова. Київ : АграрМедіа Груп, 2012. 264 с.

43. Моргун В.В., Моргун В.В., Коць С.Я. Роль біологічного азоту в азотному живленні рослин. Вісник НАН України. 2018. № 1. С. 52–74.
44. Івасюк Ю.І., Карпенко В.П., Притуляк Р.М. Біологічна активність ґрунту в агроценозі сої за роздільного та інтегрованого застосування гербіциду і біологічних препаратів. Наукові доповіді НУБІП України. 2016. № 5. С. 62.
45. Iqbal A., Hamayun M., Khan Z.H. et al. Plant sare the possible source of allelochemicals that can be useful in promoting sustainable agriculture. Fresenius Environmental Bulletin, 2019. 28 (2 A), 1040–1049.
46. Parfenyuk A.I., Voloshchuk, N.M. Formuvannya fitopatohennoho fonu v ahrofitotsenozakh. Ekolohichno bezpechni ahrotekhnolohiyi. [Formation of phytopathogenic background in agrophytocenoses. Ecologically safe agrotechnologies]. Ahroekolohichnyy zhurnal, 2016. 4, 106–111.
47. Lin C, Feng X-I, Liu Y, Li Z-C. Bioinformatic Analysis of Secondary Metabolite Biosynthetic Potential in Pathogenic *Fusarium*. Journal JoF. 2023;9(8):1-33.
48. Ruiz-Herrera J, Ortiz-Castellanos L. Analysis of the phylogenetic relationships and evolution of the cell walls from yeasts and fungi. FEMS Yeast Res. 2010;10(3):225-243.
49. Фуртат І.М., Остапюк Н.А., Антонюк М.З. Біологічні особливості та екологія представників роду *Fusarium*, збудників захворювань злаків. Наукові записки НаУКМА. Природничі науки. 2017. Т. 197. С. 2–18.
50. Билай В.И. Методы экспериментальной микологии. Киев: Наук. думка, 1982. 548 с.