

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ ТА
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Факультет захисту рослин, біотехнології та екології

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри

фітопатології ім. акад.

В.Ф. Пересипкіна

_____ Дмитро ГЕНТОШ

“__” _____ 20__р.

БАКАЛАВРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему «Особливості розвитку фузаріозу сої»

Спеціальність 202 Захист і карантин рослин

Гарант освітньої програми

доктор сільськогосподарських наук,
професор, професор кафедри фітопатології
ім. акад. В.Ф. Пересипкіна,

_____ Мирослав ПІКОВСЬКИЙ
(підпис)

Керівник бакалаврської кваліфікаційної роботи

Кандидат біологічних наук,
Доцент, доцентка кафедри фітопатології
ім. акад. В.Ф. Пересипкіна

_____ Олена БАШТА
(підпис)

Виконала

_____ Катерина ПАВЛЕНКО
(підпис)

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Факультет захисту рослин, біотехнології та екології

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри фітопатології

ім. акад. В.Ф. Пересипкіна

доцент, кандидат сільськогосподарських наук

Гентош Дмитро Тарасович

(підпис)

“ _____ ” _____ р.

ЗАВДАННЯ

на виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи студентці

Павленко Катерині Олегівні

Спеціальність 202 Захист і карантин рослин

Тема: Особливості розвитку фузаріозу сої

Features of the development of soybean fusarium

затверджена наказом ректора НУБіП України від “14” листопада 2024 р. № 35

Термін подання завершеної роботи на кафедру 20 травня 2025 р.

Вихідні дані до бакалаврської кваліфікаційної роботи: соя, фузаріоз, вплив препаратів на поширення та розвиток фузаріозу, фітопатологічний аналіз насіння, фунгіциди, заходи захисту, хвороби, ураження.

Перелік питань, які потрібно розробити:

1. Ознайомитися з особливостями розвитку фузаріозу сої
2. Провести фітопатологічний аналіз насіння сої з метою визначення зараення фузаріозом
3. Провести ідентифікацію збудників фузаріозу сої
4. Визначити ефективність застосування біофунгіцидів проти збудників фузаріозу

Перелік графічних документів (за потреби)

Дата видачі завдання “10 вересня 2024 р.

Керівник бакалаврської кваліфікаційної роботи _____ **Башта О.В.**

(підпис)

Завдання прийняв до виконання _____ **Павленко К.О.**

ЗМІСТ

ВСТУП	5
I. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ	7
1.1 Технологія вирощування, народногосподарська характеристика, вирощування сої, кліматичні умови та ботанічна характеристика	7
1.2 Сучасний стан вивчення фузаріозу сої.....	20
1.3 Система захисних заходів на сої проти фузаріозу.....	31
II. УМОВИ ТА МЕТОДИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ	37
2.1 Умови проведення дослідження.....	37
2.2 Методи проведення досліджень	42
2.2.1 <i>Лабораторні методи</i>	42
2.2.2 <i>Польові методи</i>	46
III. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ	48
3.1 Моніторинг хвороб насіння сої в лабораторних умовах.....	48
3.2 Поширення та розвиток фузаріозу сої	53
СПИСОК ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ:	55

ВСТУП

Соя (*Glycine max*) є однією з основних культур у сільському господарстві України завдяки високому вмісту білка та широкому спектру застосування в харчовій промисловості, кормовиробництві та переробній промисловості. Розвиток вирощування сої має велике економічне значення, завдяки покращенню структури обґрунтування, збільшує рентабельність агровиробництва та підвищує конкурентоспроможність продукції на внутрішньому та міжнародному ринках. Тим не менш, за останні роки в господарствах України все частіше фіксуються низька продуктивність своєї та проблеми з якістю продукції, що зумовлено впливом численних факторів, у тому числі хвороб рослин.

Хвороби сої, серед яких виділяються фузаріозне в'янення, фітофтороз, антракноз та інші інфекційні захворювання, суттєво знижують врожайність та якість зерна. За оцінками агрономів, втрати врожаю від таких хвороб можуть становити від 15% до 30%, а в окремих випадках і більше, що приносить користь на прибутковість господарства [1]. Наприклад, фузаріоз тепла до передчасного в'янення рослин, скорочення вмісту та ваги бобів, а також зниження вмісту білка в зерні, що знижує якість товару та обмежує його використання в харчовій промисловості. Таким чином, економічне значення хвороби сої в Україні залишається високим і потребує результатного аналізу та ефективного підходу до вирішення проблеми.

Захисні заходи, що включають використання фунгіцидів, дотримання сивозміни, профілактичну обробку ґрунту та посівного матеріалу, дозволяють мінімізувати шкоду від хвороби та досягти стабільних урожаїв. Крім того, роль селекції та насінництва в зниженні шкідливості хвороб, які важко переоцінити: виведення стійких до хвороб сортів дозволяє не лише зменшити втрати врожаю, а й значно підвищити якість продукції. Крім цього, сорти з підвищеною стійкістю до фузаріозу вже успішно застосовуються у передових

господарствах України, демонструючи високу ефективність у боротьбі зі збудниками хвороби [1].

Таким чином, тема дослідження є актуальною, оскільки ефективне управління хворобами її має велике значення для розвитку агропромислового комплексу України. Вдосконалення методів захисту рослин, оптимізація агротехнічних заходів та впровадження нових досягнень селекції сприяє підвищенню врожайності та якості продукції, що має позитивний економічний ефект для всього сектора сільського господарства.

Мета: розглянути фузаріоз сої та провести ідентифікацію його збудників для удосконалення методів захисту рослин від цієї хвороби.

Завдання: аналіз наукових джерел щодо фузаріозу сої, вивчення умов, що сприяють його розвитку, та відбір зразків уражених рослин для подальшого лабораторного дослідження. У межах роботи передбачається виділення збудників хвороби та їх морфологічна ідентифікація з метою формування ефективних заходів захисту сої.

Об'єкт дослідження: уражені фузаріозом рослини та насіння сої, а також збудники цієї хвороби.

Дослідження зосереджується на вивченні фузаріозного ураження сої. Розглядаються основні збудники хвороби, їхня морфологія, симптоми прояву, біологічні особливості розвитку та вплив на рослину. Також провели аналіз поширення фузаріозу залежно від умов вирощування, стадій розвитку сої.

Предмет дослідження: ураження сої фузаріозними патогенами, культуральні та морфологічні характеристики збудників, їхній вплив на ріст і розвиток рослин, а також методи діагностики та ідентифікації патогенів *Fusarium spp.* в польових та лабораторних умовах.

I. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1 Технологія вирощування, народногосподарська характеристика, вирощування сої, кліматичні умови та ботанічна характеристика

У світі сою вирощують майже на 80 млн гектарів, у тому числі в США під соєю — понад 30 млн га. у Південній Америці — понад 22 млн га. В Україні 1992 року соєю було засіяно 112,8 тис. га, в 2002 р. — 108, в 2005 р. — 620, а в 2007 р. — понад 800 тис. га. Середня врожайність — від 10 до 14 ц/га, але в окремих господарствах на богарі її продуктивність сягає 18–27, а на зрошуваних землях — 24–38 ц/га й більше [1].

Вчені зафіксували цікаву закономірність: що більшу площу займає соя, то вищу врожайність бобів вона формує. Це відбувається завдяки створенню сприятливих умов і дотриманню технологічних вимог вирощування культури (її висівають після кращих попередників і на родючіших ґрунтах, своєчасно та якісно здійснюють заходи захисту, запроваджують інокуляцію насіння тощо). Значення культури в світі зростає в зв'язку з використанням її як джерела поновлюваної енергії (біопаливо) [1].

У сучасній селекції сої найбільше уваги приділяється підвищенню урожайності, оптимізації вегетаційного періоду, стійкості до хвороб та шкідників, несприятливих чинників довкілля, покращенню товарних та технологічних якостей насіння, придатності до інтенсифікації вирощування [1].

Нові сорти характеризуються високим гомеостазом, зниженою реакцією на фотоперіод, високою продуктивністю фотосинтеза та ферментних систем, здатністю відкликатися на удобрення, синтезом висоякісних білків, стійкістю до вилягання, детермінантним або напівдетермінантним типом росту, оптимальною галузистістю, багатобобовими китицями, добре озерненими бобами та насінням середньої маси. Непридатними попередниками є інші зернобобові культури і багаторічні бобові трави (господарі тих самих

збудників корневих гнилей) і культури - господарі збудників склеротинії, такі як соняшник або хрестоцвіті культури. Частка культур сприйнятливих до склеротиніозу (соя, соняшник, ріпак) в сівозміні не повинна перевищувати 33%. Важливо. Щоб попередники лишили чисті від збудників поля. В районах з достатнім волого забезпеченням в 7-10- пільних польових сівозмінах під сою займають одне поле. Соя – цінний попередник для інших культур. Проте пізнє збирання культури не в усіх регіонах дозволяє вирощувати після неї озимі культури [1].

Мета обробітку ґрунту під зернобобові культури, включаючи сою, базується на створенні оптимальних умов для розвитку рослин, боротьбі з бур'янами і підвищенні врожайності. Вибір методів обробітку залежить від ґрунтово-кліматичних умов регіону, а також рівня культури землеробства і ступеня забур'яненості полів [1].

Основний обробіток. На полях, засмічених однорічними бур'янами, оптимальним рішенням є зяблева оранка, що включає два-три дискування і осінню оранку, або напівпаровий обробіток ґрунту з літньою оранкою і однією-двома культиваціями для знищення сходів бур'янів [3]. У випадку наявності коренепаросткових бур'янів застосовують пошаровий обробіток, що включає лушення дисковими та лемішними знаряддями і глибоку оранку на 30–32 см після появи масових сходів бур'янів. За короткого післязбирального періоду здійснюють лушення стерні і наступну оранку з вирівнюванням поверхні поля [1].

Передпосівний обробіток. Соя, як рання яра культура, потребує ретельного передпосівного обробітку. Ранній весняний обробіток починають із боронування важкими, середніми чи легкими боронами, а також шлейфами або райборонами, коли ґрунт досягає фізичної стиглості. Якщо поле чисте і вирівняне з осені, після весняного боронування обробіток до сівби можна не проводити. На нерівних або засмічених полях, особливо за умов холодної весни, проводять культивацію на глибину 6–8 см із наступним прикочуванням,

що сприяє підвищенню температури посівного шару на 1,5–3,0 °С, стимулює проростання бур'янів, які потім знищуються передпосівною культивацією [2].

Передпосівна культивація ґрунту для сої здійснюється паровими або буряковими культиваторами, обладнаними плоскорізними лапами, на глибину 4–5 см. Культивація проводиться в агрегаті з боронами, шлейфборонами або комбінованими агрегатами типу «компактор», при цьому обробка проводиться впоперек або під кутом до попередніх обробок. Оптимальна структура ґрунту для якісної аерації та нормального розвитку кореневої системи сої досягається при об'ємній масі ґрунту 1,10–1,25 г/см³. Поверхня поля має бути вирівняною та без каміння, оскільки низьке розташування бобів вимагає низького рівня зрізу при збиранні врожаю. Висота гребенів та глибина борозен не повинні перевищувати 4 см [4].

Соя нерівномірно споживає елементи живлення протягом вегетації, найбільше — під час цвітіння, формування бобів і наливу насіння. З урожаєм 1 ц соя виносить: 5-7,3 кг N, 1,4-1,9 кг P₂O₅, 2,86-2,9 кг K₂O та інші елементи. До 70% азоту рослина отримує завдяки фіксації його з повітря через симбіоз із бульбочковими бактеріями, які при достатній активності азотного підживлення не потребують. За дефіциту гумусу і поганого росту рослин після діагностики ґрунту можна додати 30-40 кг N/га. Фосфор і калій вносять за потреби відповідно до ґрунтових запасів, а магній — зазвичай із вапном чи кізеритом. Вона має вищу потребу в кальції, ніж зернові, і потребує оптимального рівня рН 6,2-7,2, який підтримують внесенням вапна в рамках сівозміни. Через вапнування бор і марганець можуть ставати важкодоступними, тому їх вносять позакоренево. На кислих ґрунтах рекомендують обробку насіння молібденом (молібдат амонію). В західній Європі органічні добрива для сої не використовують через ризик затримки дозрівання, але в східній Європі на слабогумусних ґрунтах рекомендується внесення 20-40 т/га. Насіння сої висівають протруєним і, за потреби, інокульованим ризоторфіном [4].

Протруєння проводять перед сівбою, а інокуляцію — під час неї; протруєння фундазолом допускається одночасно з інокуляцією в день сівби. Оптимальний час для сівби — друга половина квітня до середини травня, коли верхній шар ґрунту прогрівається до 12-14°C. Рання сівба подовжує період проростання, підвищує ризик хвороб та засмічення, а пізня — знижує врожайність. Глибина сівби становить 2-4 см. Світлолюбна соя потребує достатнього освітлення, бо при затінку втрачає азот, зростає кількість абортівних плодів, що підвищує втрати при зборі врожаю [4].

Норма висіву залежить від сорту й способу боротьби з бур'янами. Ультраскоростиглі та дуже скоростиглі сорти потребують густоти стеблостою 35-46 рослин/м², а середньостиглі — 18-22 рослини/м². Норма для першої групи — 45-55 насінин/м², для другої — 30-35 насінин/м², коригуючи залежно від ґрунту та способів обробки бур'янів.ереднику [4,5].

Соя на початку вегетації росте повільно, тому бур'яни конкурують з нею за ресурси, що може знизити врожайність на 30-50%. Інтегрована боротьба з бур'янами включає боронування та використання гербіцидів. Досходове боронування знижує забур'яненість на 40-50%, післясходове — на 50-60%, а їх поєднання — на 65-75%. Міжрядні обробки проводять 2-4 рази залежно від появи бур'янів, останній — до фази бутонізації.

Для захисту від хвороб і шкідників, як-от фузаріозу та асохітозу, застосовують глибоку оранку, заробку рослинних решток, протруєння насіння та ротацію культур [5]. Протруєння насіння сої проводиться фунгіцидом: Авідо (Діюча речовина Тіофанат-метил, 435 г/л + крезоксим-метил, 50 г/л + цимоксаніл, 15 г/л), у свою чергу соя, як бобова культура, є чудовим попередником для всіх культур сівозміни. Залишаючи в ґрунті після збирання добре розвинену кореневу систему з бульбочковими бактеріями, вона сприяє накопиченню азоту (60-80 кг/га), поліпшення структури і родючості ґрунту.

Основні шкідники — люцернова совка, акацієва вогнівка, павутинний кліщ та ін. При їх високій чисельності проводять хімічну обробку, інсектицид: Клессо БТ (Діюча речовина клофентезин, 500 г/л, фенпіроксимат, 50 г/л) [5].

Використання стійких сортів: Сучасні сорти сої, стійкі до фузаріозу, допомагають знизити ризик зараження рослин. Рекомендовані сорти сої: аполло, венус, кентуккі, канзас. Рекомендовані фунгіциди: Ультрафіт (норма витрати: 2 л/га, Азоксин (норма витрати: 1-1.5 л/га), Хеллер (норма витрати: 1-1.5 л/га) Полігард (норма витрати: 1-2 л/га), Болівар Форте (норма витрати: 1.2-1.5 л/га) Альфа-Тебузол (норма витрати: 1-1.5 л/га) [5].

Збирають сою прямим комбайнуванням у фазі повної стиглості за вологості насіння 12-14%. Для зменшення втрат висота зрізу не повинна перевищувати 7-8 см. Зберігання сої можливе при вологості зерна нижче 11%.

Для вирощування сої придатні країни з холодним кліматом (США, Канада), а також тропічні та субтропічні регіони, наприклад Індонезія. Головне – достатньо вологи, сонячного світла і тепла. В Україні ця сільськогосподарська культура вирощується в усіх природно-кліматичних зонах, але оптимальним для ефективного виробництва сої є лісостеп, а саме так званий «соевий пояс» [5].

За вегетаційний період культури потрібно близько 510-660 мм води. Точна кількість залежить від часу посіву та погоди в районі вирощування. При цьому слід пам'ятати, що водний стрес дуже небезпечний для рослини на середніх і пізніх стадіях розвитку [5].

Оптимальна температура для вирощування сої становить від 22°C до 35°C. При меншій швидкості процес росту сповільнюється, тому ефективність виробництва сої знижується. Заморозки можуть завдати ще більшої шкоди, тому для вирощування в більш прохолодному кліматі найкраще підходять ранньостиглі сорти, які дозрівають до морозів [6].

Сою потребує тепла для розвитку: проростає при 8-10 °C, сходи з'являються через 20-30 днів, а при 20-22 °C — за 4-5 днів. Високі температури понад 24-25 °C знижують ріст, а 35-37 °C негативно впливають на розвиток. Рослини витримують приморозки до -2,5 °C навесні і до -3 °C восени, але при -4,5 °C листя замерзають, а квітки і боби гинуть. Потреба в волозі найбільша під час цвітіння і формування бобів, де соя споживає 60-70% води за вегетацію.

Вимоги до ґрунтів невисокі, але вони не повинні бути кислими чи затопленими більше ніж на 3 дні.. Соя не переносить тривалого затоплення (більше 3-х днів), засолення і кислотності нижче за рН 5,5 [6].

Польова продуктивність сої значною мірою визначається типом ґрунту. Найкращим варіантом для вирощування сої є добре дренований, багатий органікою, суглинистий ґрунт з діапазоном рН 6,0-7,5. Солоний і натрієвий ґрунт погіршує схожість насіння. Сильнокислі ґрунти (рН 4,5 і нижче) токсичні для бобових через високий рівень марганцю та алюмінію. У лужних полях (рН 8 і вище) не вистачає необхідних для росту рослин мікроелементів, таких як цинк і залізо [6].

Через неглибоке коріння сою не слід вирощувати в місцях із великою кількістю піску та гравію, які погано утримують воду. Водночас затоплення також може призвести до загибелі врожаю [6].

Соя — найпоширеніша серед зернобобових та олійних культур. Вона служить сировиною для широкого спектру харчових продуктів, а високий вміст білка та цінних харчових компонентів дозволяє використовувати її як недорогий замітник м'яса та молочних продуктів [7].

Вона займає ключову роль у галузі рослинництва як важливе джерело рослинного білка та олії. Вона використовується для виготовлення харчових продуктів, кормів для тварин і технічної продукції, що робить її однією з найбільших культур у сільському господарстві. Завдяки високому вмісту білка (до 40%) і олії (близько 20%), соя є базовою культурою для виробництва харчових продуктів, таких як соєве молоко, соєвий сир (тофу), і соєві масла, а також кормових продуктів для тваринництва [7].

В Україні соя є цінною сільськогосподарською культурою, яка забезпечує стабільний прибуток аграріям та активно використовується в різних галузях. Її вирощування підтримує як внутрішній ринок, так і значний експортний потенціал, оскільки українська соя високо цінується на міжнародному ринку, зокрема в країнах Європи та Азії. Вона також є важливим компонентом для тваринництва, адже використовується як джерело білка в кормах, сприяючи

розвитку цієї галузі. Крім того, соя має здатність збагачувати ґрунти, насичуючи їх азотом, що сприяє підвищенню родючості без додаткових витрат на хімічні добрива [7].

Найбільші площі під соєю займають центральні, західні та частково південні області. Основні регіони вирощування сої включають:

- Вінницька область: одна з лідерів за обсягами виробництва сої.
- Кіровоградська область: має сприятливі ґрунтово-кліматичні умови для вирощування сої.
- Черкаська область: ще один центр виробництва сої завдяки родючим чорноземам.
- Полтавська область: активно розвиває вирощування сої на експорт.
- Хмельницька область: також забезпечує значні обсяги виробництва сої [7].

Врожайність сої в Україні варіюється залежно від ґрунтово-кліматичних зон. У лісостеповій зоні, зокрема в Черкаській, Вінницькій і Полтавській областях, урожайність досягає 2,5–3,0 тонн на гектар завдяки родючим чорноземам і оптимальному рівню вологи. У степовій зоні, де зони посушливіші (зокрема, Одеська та Херсонська області), врожайність коливається в межах 1,5–2,2 тонн на гектар і залежить від наявності зрошення. На Поліссі, де ґрунти менш родючі, врожайність також нижча, близько 1,8–2,3 тонн на гектар, але на торф'яниках і дерново-підзолистих ґрунтах урожайність може бути вищою при використанні добрив [8].

Продукти переробки сої, такі як соєва олія, шрот і борошно, мають значну цінність. Соєва олія використовується в харчовій промисловості для виробництва маргарину, кондитерських виробів і кулінарних жирів. Соєвий шрот є основним компонентом кормів для тварин, оскільки містить до 45% білка, що сприяє розвитку тваринництва. У технічній сфері соєву олію застосовують у виробництві біопалива, лаків, фарб і косметики, що розширює її значення для народного господарства [7].

Серед найбільш поширених і шкідливих хвороб сої в Україні виділяються фузаріоз, пероноспороз (несправжня борошниста роса), аскохітоз, септоріоз, антракноз і вірус мозаїки. Ці хвороби можуть значно знижувати врожайність і якість продукції, а також спричиняти економічні втрати через необхідність додаткових заходів захисту рослин [8].

Фузаріоз є особливо небезпечною хворобою, що викликається грибами роду *Fusarium*. Він проявляється як коренева гниль і вражає стебло, листя і насіння рослини. Найчастіше фузаріоз виникає в умовах підвищеної вологості та при перепадах температур, що сприяє швидкому поширенню грибка. Уражені рослини відстають у рості, в'януть, а на коренях з'являються гнилі плями, які призводять до повної загибелі рослини [8].

Економічне значення фузаріозу сої велике, оскільки хвороба може призвести до зниження врожаю до 30–40%. Це призводить до прямих економічних втрат у вигляді зменшення обсягу і якості продукції. Насіння з фузаріозом має низьку схожість і погану якість, що негативно впливає на рентабельність виробництва. Крім того, хвороба змушує фермерів витратити значні кошти на фунгіциди та інші заходи захисту, що підвищує собівартість виробництва. Ще одна небезпека полягає в тому, що токсини *Fusarium* можуть накопичуватися в рослинах, що загрожує здоров'ю тварин і людей, якщо заражена продукція потрапляє в харчовий ланцюг. Це вимагає додаткового контролю якості та знижує експортний потенціал [8].

Захист сої від фузаріозу вимагає комплексного підходу, що включає агротехнічні, хімічні та біологічні заходи. Один із найефективніших методів — дотримання сівозміни, що допомагає зменшити накопичення збудника в ґрунті, зокрема висів сої на тому ж полі не частіше ніж раз на 3–4 роки. Глибока оранка й ретельне знищення рослинних залишків сприяють зниженню кількості патогену в ґрунті. Також важливо використовувати якісне, стійке до хвороб насіння та передпосівну обробку протигрибковими препаратами [8].

Застосування фунгіцидів під час вегетації сої допомагає контролювати поширення інфекції за сприятливих для грибка умов, а біопрепарати можуть посилити захист рослин і зменшити потребу в хімічних засобах. Важливим є також контроль вологості, оскільки фузаріоз активно розвивається у вологих умовах, тому уникання перезволоження та забезпечення дренажу знижують ризик хвороби [8].

Соя належить до родини бобових (*Fabaceae*), роду *Glycine*, який об'єднує більш як 40 видів. Виробниче значення і поширення має вид сої культурної (*Glycine hispida L.*) у якого є 6 підвидів. Найбільш поширений на території України є підвид – слов'янський (*ssp. Slovonica Kov. Ef Pinz*).

Сім'ядолі, на які припадає основна частина об'єму і маси насіння, бувають жовтого і зеленого кольору, містять практично всю олію і протеїн, які є в сої. Вони забезпечують проросток поживними речовинами під час проростання і приблизно протягом одного тижня після сходів [8].

Насіннева оболонка, товщиною 8-12 мк, захищає зародок від грибів і бактерій до і після сівби, в період набубнявіння насіння, проростання і появи сходів. Оболонка насіння складається з таких шарів клітин: палісадного епідермісу, стовпчастих, губчастої паренхіми, алейронового шару та малих залишків ендосперму. Якщо в цій оболонці з'явиться тріщина до початку проростання, та вірогідність одержання здорового проростка від такого насіння невелика.

Зародковий корінець є першою частиною зародку, який проходить через насіннєву оболонку. Він швидко розвивається в корінець, який повинен міцно закріпитися в ґрунті для того, щоб проросток мав змогу пробити собі шлях на його поверхню. Згодом після початку подовження основного кореня з'являються бокові корінці. Кореневі волоски з'являються на головному первинному корені через 4-5 днів після проростання, а на бокових вторинних коренях, - незабаром після їх утворення. Після сходів росток досить стійкий проти різноманітних несприятливих умов. У цей період соя досить стійка проти низьких температур. Приморозки можуть пошкодити лише верхівку,

але в неї є ще сплячі бруньки, які можуть дати нові гілочки. Коли ж молода рослина пошкоджується нижче рівня розміщення сплячих бруньок, то її відродження вже неможливе.

Коренева система - добре розвинена, головний корінь стержневий, порівняно короткий. Він товщий від бокових лише в орному шарі, з великою кількістю довгих бокових коренів і корінчиків, які на чорноземних ґрунтах проникають на глибину 1,5-2 м і глибше, а на ґрунтах з меншою родючістю - до 1,1-1,5 м. У сої тоненькі корінці становлять основну масу (60-70%) кореневої системи, причому кореневі волоски дуже короткі.

Головний корінь розвивається із зародкового корінця, він закріплює рослину в ґрунті, від нього відходить бокове коріння, яке дає початок осям третього порядку і т. д. Це сприяє протистоянню вітру, вилягання, забезпеченню рослин вологою і мінеральними речовинами, біологічній фіксації азоту і синтезу білків, жирів, вітамінів, ферментів тощо. В орному шарі розміщується основна маса кореневої системи, причому у верхньому 15-сантиметровому шарі - найбільш розвинута і міцна її частина. Через 5-6 тижнів після сівби бокові корені досягають центра міжрядь 70 см рядків, через 3-4 тижні - центра 45 см рядків. На головному і бокових коренях формуються бульбочки, в яких відбувається процес біологічної фіксації азоту атмосфери. На кожній рослині через 7-10 днів після сходів формуються бульбочки, різноманітної форми і розмірів.

Коренева система забезпечує рослину не тільки вологою, мінеральними і гормональними речовинами, біологічним азотом, а й багатьма сполуками, які синтезуються лише в кореневій системі, у її бульбочках і є необхідними для обміну в надземних органах, тобто сприяє оптимізації циклів у рослині двох найважливіших процесів - фотосинтезу і біологічної фіксації азоту. На початку вегетації ріст кореневої системи випереджає ріст стебла і за інтенсивністю приросту має перший максимум після появи сходів, другий - у фазі розгалуження і на початку цвітіння, відрізняючись за сортами.

Стебло має висоту 60-90 см, іноді - до 1,5-2 м. Воно округлої форми, грубе, у більшості сортів опушене, іноді голе, товщиною від 3-4 до 22 мм, в середині - 0,8-12 мм, довжина міжвузлів - від 3 до 15 см. Кількість вузлів - до 14-15, гілок – 2-7 і більше. Висота прикріплення нижніх гілочок від 1 до 25 см і більше. Кількість гілочок і висота прикріплення нижніх бобів залежать від густоти рослин і сорту. Кущ за формою буває стислим, напівстислим, розлогим, широким, із переплітаючими гілочками. В посіві з оптимальною густотою рослин формується не кущ, а малогілляста рослина без гілок. Стебло опушене, колір опушення - від сіро-білого до жовто-бурого. Мало-опушені рослини менш стійкі проти зміни теплового режиму, посухи, хвороб, шкідників. У культурної сої приріст рослин у висоту закінчується цвітінням верхівкового суцвіття. Бокові гілки можуть формуватися по всій довжині стебла і залежать в основному від густоти рослин, родючості ґрунту, вологозабезпеченості, освітлення, кількості тепла, чистоти поля. При досяганні стебло набуває піщаного, буро-жовтого, бурого або рудого кольору.

Сходи спочатку мають дві сім'ядолі, що при проростанні насіння виносяться на поверхню ґрунту, а потім розвивається два примордіальних листочки, які супротивні, за формою овальні, округлі, ланцетоподібні, списоподібні, а наступні - трійчасті листочки - супротивні. Підсім'ядольне коліно зелене або зелене з антоціаном, в останньому випадку воно корелює з фіолетовим забарвленням квіток. Антоціанове забарвлення проявляється через 3-4 дні після сходів, яке може зникати через 7-12 днів.

Листки - складні, трійчасті мають прилистники і складаються з трьох листочків. Бокові листочки трійчастого листка бувають асиметричні, центральний - симетричний. Форма листочків дещо змінюється по ярусах куща, залежно від зволоження. Довжина їх 6-18 см, ширина – 3-11, довжина черешка – 8-24 см, який виходить із пазух прилистків. Пластинка листка гладенька, зморшкувата, м'яка або груба, забарвлення - зелене або темно-зелене. Кількість листків на одній рослині - від 15-20 до 175 і більше, у

ранньостиглих сортів – 46-62, пізньостиглих – 100-150. При досяганні у більшості сортів листки опадають, лише у не багатьох форм вони залишаються на рослині; є окремі форми сої, у яких насіння досягає при зелених листках. Такі форми цінні в кормовому відношенні. У сої яскраво виявляється геліотропізм листків.

Квітки маленькі, п'ятипелюсткові, білі або фіолетові, майже без запаху, зовні непривабливі, вони зібрані в короткокріткову китицю, або багатоквіткову; можливі проміжні форми китиць. Соя - самозапильна, у неї більше 98% квіток клейстогамні. У цієї культури перехресне запилення зустрічається дуже рідко і залежить воно від сортових особливостей, погодних умов і місця вирощування.

Суцвіття - китиці, розміщені в пазухах листків іноді попарно. Довжина квіткової китиці від 0,5 до 8 мм і більше. Кількість квіток у багатоквіткових форм 15-25, малоквіткових – 2-4, у проміжних форм – 5-14. У сої квітки сидять на коротких квітконіжках, біля основи якої є навколоквітник, а біля основи чашечка - два маленьких приквітнички. Чашечка - п'яти-зубцева, висотою 5-6 мм, зелена. Два верхніх зубці повністю зрослися, а три нижніх - лише частково і вони довші перших. У сої вінчик метеликового типу, білого або фіолетового кольору. Прапорець більш густого відтінку, ніж крила і човник, зверху округлий, розширений, з виїмкою посередині. Крила - подовжені й менші прапорця, вільний кінець їх лопатоподібний, розширений і загострений. Човник зрісся по спині з двох пелюсток і має увігнутість посередині. Тичинок - 10, причому дев'ять із них зростаються разом, утворюючи ніби футляр для зав'язі, а одна тичинка вільна. Пиляки у неї мають по три-чотири гнізда і розкриваються вздовж. Пилок клейкуватий, пилкові зерна яскраво-жовті. Зав'язь верхня, одногніздна. Стовпчик маточки - невисокий, дещо зігнутий. Приймочка плоска, розширена, густо покрита золотистими сосочками. Ця форма маточки - характерна родова ознака сої.

Першими цвітуть квітки на головному стеблі, в нижньому ярусі, причому у ранньостиглих сортів раніше, а пізньостиглих - при формуванні розвинутого

стеблостою і бокових гілок. Фаза цвітіння у різних форм триває 15-40 днів, у пізньостиглих сортів у південному регіоні – 60-80 днів.

Плід - біб, який складається із двох половинок, з'єднаних двома швами, причому, один із них черевний є основним, на ньому за допомогою фунікулуса прикріплюється насіння; другий (спинний) - розташований з протилежного боку. При досяганні останній може розкриватися, стулки скручуються і насіння обсіпається. Розтріскування бобів посилюється, коли восени відбувається швидка зміна теплої дощової і сухої погоди. Боби - прямі, зігнуті або серпоподібної форми, довжиною 3-8, шириною 0,5-1,5 см, плоскуваті або опуклі, з прямою чи чітко випуклою поверхнею, на кінці із дзьобиком. Кількість насіння в бобі від одного до чотирьох, частіше – 2-3. В малоквіткових китицях буває 1-3 боби, багатоквіткових – 4-8 і більше. Сорти сої за кількістю бобів діляться на: високопродуктивні (150-300 бобів і більше), продуктивні (90-140), середньопродуктивні (40-80), низькопродуктивні (10-30 бобів). Кількість бобів на рослині залежить від родючості ґрунту, добрив, густоти рослин, сорту, умов вологозабезпеченості, освітленості та ін. Висота прикріплення нижніх бобів від 1 до 30 см, залежить від густоти рослин і сортових особливостей: при оптимальній густоті рослин вона становить 15-20 см, в загущених – 23-30, у зріджених – 1-2 см.

Насіння за формою буває шароподібне, овальне або подовжене, проміжне, плоске чи випукле. За кольором у повній стиглості буває - жовте, коричневе, зелене, чорне, пігментоване, строкате. Насіння складається із оболонки і зародка, в якому є дві жовті або зелені сім'ядолі і бруньочка із зародковим корінчиком, стеблом і листочками. За масою оболонка становить 7-8%, сім'ядолі - 90, інші частини зародка – 2-3%. Форма насіння визначається формою його сім'ядолей: у кулястого насіння довжина, ширина і товщина у співвідношенні 1:1:1, в овального - 1,2:1,3:1, з овально-плоского - 2,5-2,7:1. Маса 1000 насінин від 40 до 500 г частіше – 120-250 г. За величиною насіння розділяють на дрібне, у якого маса 1000 насінин менше 150 г; середнє – 150-

200, Крупне - більше 200 г. Об'ємна маса (натура) його в середньому становить 0,65-0,75 кг, питома маса - 1,05-1,30 г/см³.

1.2 Сучасний стан вивчення фузаріозу сої

Фузаріоз сої — хвороба, спричинена грибами роду *Fusarium*, зокрема *Fusarium oxysporum*, *Fusarium solani* та іншими. Перші згадки про виявлення цього захворювання на сої відносяться до кінця 19 століття, коли фітопатологи в США зафіксували його в штатах Індіана та Іллінойс. Вже тоді було виявлено, що гриб може серйозно впливати на врожайність сої, знижуючи продуктивність рослин. Важливим етапом стала ідентифікація збудника хвороби — *Fusarium oxysporum*, який з часом став одним з основних патогенів фузаріозу.

У 20-х роках 20 століття в Японії були здійснені перші спроби вивчити вплив фузаріозу на сою. Японські вчені досліджували стійкість різних сортів сої до цього грибка, що допомогло зрозуміти роль окремих факторів, таких як температура і вологість, у розвитку захворювання. Поширення фузаріозу сої в Європі та США в середині 20 століття спонукало до активніших досліджень у цьому напрямку, і вчені почали досліджувати не тільки патогенез, але й методи боротьби з хворобою. Важливим напрямком стало вивчення ефективності хімічних фунгіцидів, які могли б зменшити рівень зараження рослин.

В Україні перші згадки про фузаріоз сої з'явилися в 60-70-х роках 20 століття. У цей період українські вчені звернули увагу на серйозне поширення хвороби в південних та центральних регіонах, де вона завдавала значних втрат у врожаї. Вчені почали вивчати вплив агротехнічних заходів, таких як сівозміна та глибина обробітку ґрунту, на розвиток хвороби. Вони також досліджували стійкість різних сортів сої до фузаріозу і розпочали випробування фунгіцидів, щоб зменшити негативний вплив захворювання.

В кінці 20-го століття на фоні зростання масштабів вирощування сої на великих площах, зокрема в Південній Америці та США, дослідження фузаріозу набули більш комплексного характеру. Вчені почали застосовувати молекулярно-генетичні методи для виявлення стійких до хвороби генів та вивчення механізмів патогенезу. Також в цей час значну увагу почали приділяти створенню трансгенних сортів сої, стійких до фузаріозу, що стало важливим напрямом у селекції цієї культури.

Випадок розвитку синдрому раптової смерті сої залежно від температури ґрунту та водного потенціалу ґрунту 26 лютого 1996 р. Синдром раптової смерті сої (SDS), викликаний *Fusarium virguliforme*, вже понад 20 років є важливою проблемою на півдні США і зараз поширюється в північні регіони. У дослідженнях було встановлено, що інфекція та прояв симптомів залежать від температури й вологості ґрунту. Кореневі симптоми посилювалися при температурі 15°C, а надземні – при 22–24°C. Вологість ґрунту також впливає: зниження вологості зменшувало вираженість симптомів на листі. Дані досліджень можуть бути корисними для оцінки ризиків поширення хвороби в нові регіони.

З початку 21 століття дослідження фузаріозу зосередились на інтегрованих методах боротьби з хворобою. В Україні та інших країнах почали активно застосовувати біологічні методи, що включали використання біопрепаратів для контролю за збудниками хвороби. Також продовжувались роботи щодо створення стійких сортів сої, що стало важливою частиною стратегії управління хворобою. На сучасному етапі значну увагу приділяють мультидисциплінарним підходам до боротьби з фузаріозом, що включають комбіноване застосування агротехнічних, хімічних і біологічних методів.

Синдром раптової смерті сої (SDS) , викликаний грибом *Fusarium virguliforme*, здавна поширений на півдні США, зараз поширюється на північ. Дослідження показали, що симптоми залежать від температури та вологості ґрунту: кореневі прояви посилюються при 15°C, а надземні — при 22–24°C, причому зниження вологості зменшує симптоми на листі.

Поширення і шкідливість хвороби: проведений аналіз насіннєвого матеріалу зернових колосових культур з різних регіонів України показав, що найбільше інфікованого фузаріозом насіння зустрічалося в західних і центральних областях (від 30% і вище). В більшості інших областей рівень інфікування становив близько 20%. Слід сказати і про велике інфікування альтернаріозними грибами у всіх обстежених регіонах (Рис.1.1).

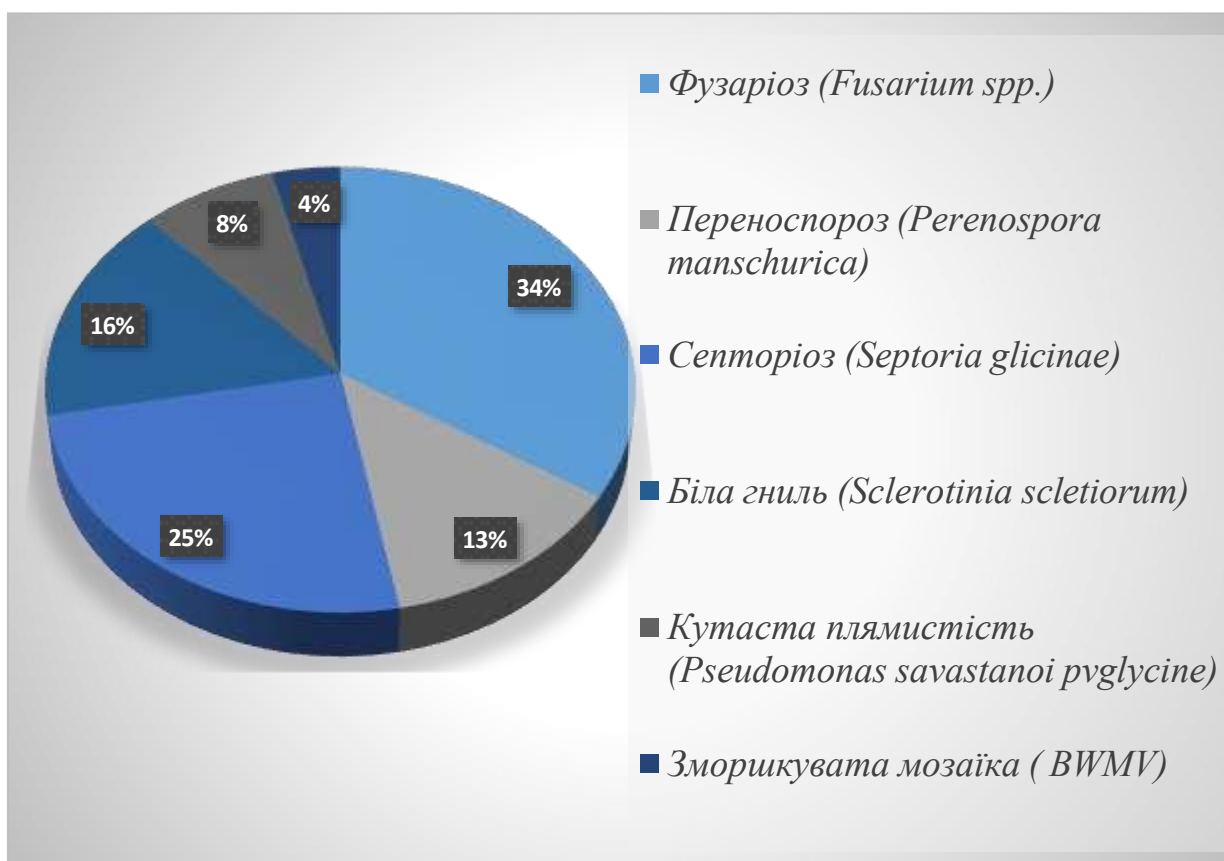


Рис.1.1 Склад фітопатогенної мікробіоти у посівах сої, % 2022 рік [9]

Основними шкідливими збудниками, які формували фітопатогенний комплекс соєвого агрофітоценозу, були збудники фузаріозу *Fusarium spp.* – 34%, несправжньої борошнистої роси *Peronospora manshurica* H. Sud – 13%, септоріозу листя *Septoria glycinis* Hemmi та склеротиніозу *Sclerotinia sclerotiorum* de Vary, частка яких становила 25 та 16% відповідно (рис.1.2).



Рис. 1.2 Поширення та розвиток *Fusarium spp.* у посівах сої, % 2021 рік [9]

Так, поширеність фузаріозу в першу вегетацію (15.06-15.07) низька 14,5-18,9%, розвиток хвороби 10,5-14,7%. Починається з 01.07.2021 р. поширеність захворювання зростає до рівня 28,5%. Водночас його розвиток становить 25,4%. Наприкінці періоду вегетації сої симптоми посилюються поширення та розвитку фузаріозу та 15.08.2021 р. вони 38,1 та 31,7% (рис. 1.2).

Фузаріоз виникає у посівах щорічно в усіх ґрунтово-кліматичних зонах України. Проявляється на рослинах сої протягом усього вегетаційного періоду. Існує декілька типів прояву фузаріозу як на сходах, так і на дорослих рослинах: коренева гниль, загибель точки росту, в'янення, плямистість листя, загнивання бобів та насіння.

Хвороба починає проявлятися в фазі сходів у вигляді кореневої гнилі та в'янення. На насінні, яке проростає, спостерігаються три типи ураження:

- 1) насіння загниває і не утворює паростків, та утворюється біло-рожевий наліт;
- 2) проростки нерівномірно товщають, деформуються і коли проходять точки росту найчастіше гинуть;
- 3) на сім'ядолях утворюються глибокі бурі виразки з наступною появою в них під час вологої погоди рожевого нальоту з яскраво-рожевими подушечками.

Уражені тканини сім'ядольних листків, кореневої шийки і коренів розм'якшуються і, як правило, рослини гинуть. Тільки у сортів із підвищеною стійкістю до фузаріозу формуються додаткові корені вище ураженої частини підземного стебла, такі рослини виживають, іноді навіть плодоносять.

На сходках проростки нерівно потовщуються і деформуються, а на сім'ядолях з'являються глибокі бурі виразки з рожевим нальотом і такого самого кольору подушечки (Рис. 1.3). Уражені рослини, як правило, випадають. Нерідко уражене насіння не дає сходів, і на ньому з'являється білувато-рожевий наліт.



Рис. 1.3 Фузаріозне ураження сої (а - відставання у рості; б, в – побуріння кореневої шийки та стебла)

Перед досяганням сої хвороба спричинює знебарвлення стулок бобів з утворенням на них оранжевого нальоту у вологу погоду. Зерно в уражених бобах щупле, зморшкувате, часто вкрите білуватим нальотом. Воно втрачає схожість або дає уражені сходи (Рис.1.4).



Рисунок 1.4 Ознаки фузаріозного ураження: а - вкрита грибницею непроросла насінина; б, в - загнивання паростків [10]

Біоекологічні особливості збудника хвороби:

Фузаріози сої: *Fusarium oxysporum* (телеоморфа невідома), *F. equiseti* (*Gibberella intricans*), *F. culmorum* (телеоморфа невідома), *F. avenaceum* (*Gibberella avenacea*), *F. heterosporum* (*Gibberella cyanea*), *F. solani* (*Haematonectria haematococca*), *F. virguliforme* (*F. solani f.sp. glycens*), *F. Tucumaniae*, *Fusarium culmorum* (WG Sm.) Sacc. (Рис. 1.5).

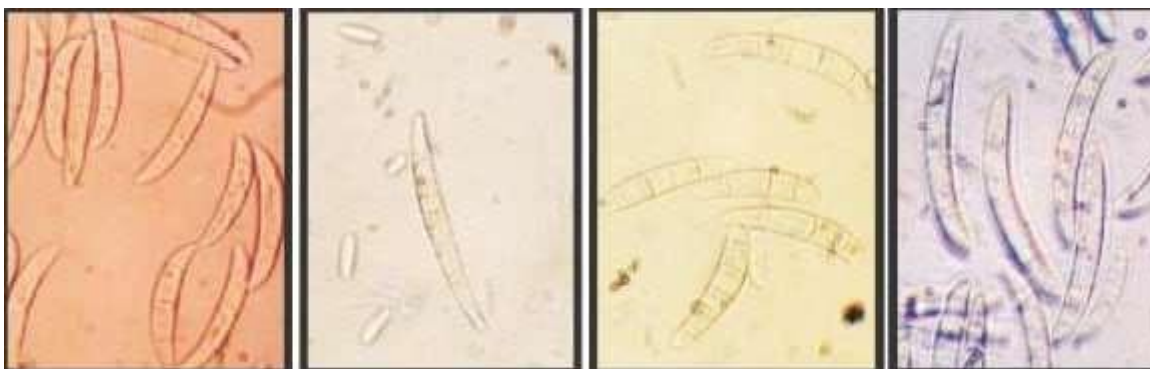


Рис. 1.5 Макроконідії збудників фузаріозу різних видів при збільшенні у 600 разів [10]

Домен: Еукаріоти - *Eukaryota*

Царство: Гриби - *Fungi*

Відділ: – Сумчасті гриби (*Ascomycota*)

Клас: Гіфоміцети – (*Hyphomycetes*)

Порядок: Гіфоміцети – (*Hyphomycetales*)

Родина: Туберкулярієві (*Tuberculariaceae*)

Рід: *Fusarium* Link.

Міцелій - повітряний, білого, блідо-оливково-жовтого, охряно-темно-червоного кольору, пухнастий, щільно або рихло пухнастий, розвинений добре.

Макроконідії - в спородохії і піоннотах, рідше тільки в міцелії. Форма веретеновидно-серпоподібна, серпоподібна, еліптично вигнута або пряма і нерівнобока, рідше параболічно вигнута, іноді практично циліндрична, веретеноподібна. У середній частині конідії зазвичай увігнуті. Центральні клітини діаметром більше ніж такі ж у близьких видів. Верхня клітина раптово

звужується у формі сосочка або лише трохи стиснута, іноді може бути трохи подовжена та загнута.

Ніжка виражена більш-менш ясно або має місце наявність сосочкоподібної основи (рис.1.5). Оболонка товста з 3-5, рідше 6-8 яскраво вираженими перегородками. У загальній масі макроконідії жовті або рожеві, потім охряні, світло-коричневі або червоно-охряні. Розмір макроконідій - 15,0-100,0 x 3, 70-14,0 мкм. Мікроконідії - рідко утворюються в повітряному міцелії, мають одно-або двоклітинну будову. Хламідіоспори – проміжні.

Трофічна спеціалізація та трофічна група патогену: *Fusarium culmorum* є фітопатогеном, який належить до групи некротрофів. Це означає, що патоген вражає рослини, викликаючи некроз тканин, а його життєдіяльність пов'язана з розкладанням і руйнуванням тканин господаря для здобуття поживних речовин. Некротрофи, на відміну від біотрофів, не залежать від живого обміну з рослиною-господарем, а використовують її як джерело поживних речовин, що звільняються після загибелі клітин.

Філогенетична спеціалізація: гриб є олігофагом, тобто здатний паразитувати на кількох видах рослин, але з певною спеціалізацією до конкретних рослинних органів, таких як стебла, корені, і насіння. Зокрема, він проявляє високу агресивність на культурних рослинах, таких як соя, пшениця та ячмінь, вражаючи їх кореневу систему та стебла. Фузаріоз може поширюватися через ґрунт, особливо в умовах підвищеної вологості і поганого дренажу. Однак його здатність до паразитування залежить від температурних і вологостійких умов, що також може відрізнятися в залежності від географічного регіону.

Онтогенетична та гістотропна спеціалізація: проявляється в його здатності вражати різні вікові стадії рослин (від насіння до зрілих рослин), хоча зазвичай найбільш чутливі до інфекцій молоді рослини. Фузаріоз може вражати як вегетативні органи (стебла, листя), так і репродуктивні (насіння), що викликає скорочення врожайності та якісні втрати. Гістотропна спеціалізація вказує на ураження переважно судинної системи рослин, де

патоген інфікує тканини, що відповідають за транспортування води і поживних речовин.

Спеціалізація стосовно рослини, сортів, гібридів: фузаріоз має тенденцію до раціональної спеціалізації на окремих сортах сої, особливо тих, що мають ослаблену стійкість до патогену. Відомо, що певні штами *Fusarium culmorum* більш агресивні в залежності від сортів рослини-господаря. Наприклад, деякі гібриди сої можуть бути стійкішими до фузаріозу через селекцію на стійкість до збудників хвороб.

Видовий склад і біотиби: він має різні види і біотиби, які можуть бути більш чи менш агресивними залежно від екологічних умов. У деяких районах, зокрема в умовах підвищеної вологості та температури, можуть домінувати більш агресивні форми патогену, здатні швидше інфікувати рослини та спричиняти значніші втрати.

Практичне значення для селекції та агротехніки: селекція стійких сортів є важливою складовою боротьби з фузаріозом. Виведення сортів сої, стійких до *Fusarium culmorum*, може суттєво знизити рівень інфекцій, якщо враховувати специфічні раси патогену в різних еколого-географічних зонах. Крім того, агротехнічні заходи, такі як сівозміна, обробка насіння фунгіцидами, дренаж та контроль вологості ґрунту, є важливими для обмеження поширення хвороби.

Представники роду *Fusarium* мають характерні для міцеліальних грибів таксономічні ознаки, зокрема: формування гіфів міцелію; наявність макроконідій, які мають чітко вигнуту форму (20–70 мкм) та різну кількість перегородок із вираженою базальною клітиною.

Види цього роду формують добре розвинений септований міцелій. Характеристики колоній залежать від лінійної швидкості росту, частоти галуження гіфів та співвідношення між субстратним і повітряним міцелієм. У багатьох видів гіфи безбарвні, а колонії можуть бути пухнастими, павутиноподібними і мати різноманітне забарвлення: біле, біло-рожеве,

червоне, світло-кремове, солом'яно-жовте, сірувато-бузково-лілове або бурувате. Під час споруляції забарвлення колоній може ставати темнішим.

У деяких видів, зокрема *F. graminearum*, плодові тіла набувають коричневого відтінку або яскраво-червоного кольору, що обумовлено присутністю каротиноїдних пігментів у клітинних оболонках. Гіфи грибів роду *Fusarium* в уражених рослинах, таких як злакові культури, розвиваються в судинах ксилеми і проникають у прилеглі клітини паренхіми.

В'янення рослин спричинене порушенням водопоглинання через закупорку судин ксилеми міцелієм. Гриби роду *Fusarium* можуть розвиватися в анаморфній (нестатевій) або телеоморфній (статевій) стадії (Рис.1.7). В природних умовах вони ростуть у вигляді гаплоїдних гіфів, утворюючи мікро- та макроконідії, які є джерелом зараження рослин [11].

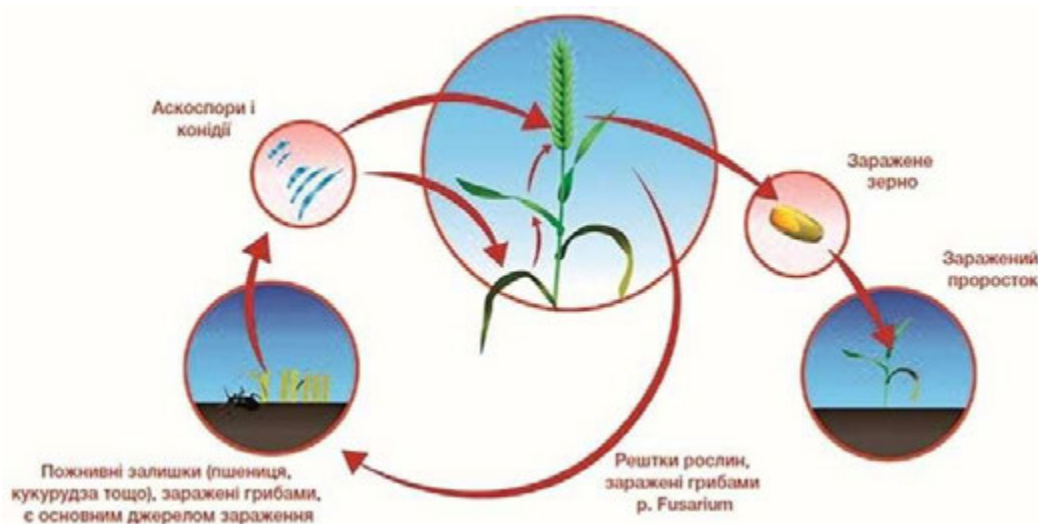


Рис. 1.7 Цикл розвитку гриба *Fusarium* [11]

Гриби роду *Fusarium* можуть розвиватися в анаморфній (нестатевій) або телеоморфній (статевій) стадії (Рис.1.7). В природних умовах вони ростуть у вигляді гаплоїдних гіфів, утворюючи мікро- та макроконідії, які є джерелом зараження рослин. Гомоталічні види, як *F. graminearum*, здатні до самозапліднення, тоді як гетероталічні, як *F. pseudograminearum*, формують мейотичні спори, що сприяють рекомбінації генетичного матеріалу. Статевий цикл зустрічається менш ніж у 20% видів роду, більшість з яких утворюють лише конідії (Рис.1.7) [11].

Конідіальне спороношення грибів роду *Fusarium* варіативне за формою та способом утворення конідій. Вони здатні швидко формувати велику кількість інфекційних структур, що забезпечує ефективне зараження рослин. У сприятливих умовах через кілька днів на інфікованих рослинах утворюються численні конідії, які можуть заражати нові рослини. Цикл розвитку включає формування гіф, подовження, міграцію ядер, утворення септ і зрілих конідій [11].

Фузаріоз може зберігатися в насінні, рослинних рештках або ґрунті у вигляді хламідоспор, що переживають несприятливі умови (Рис.1.7). Макрота мікроконідії утворюються на різних типах конідієносців і мають характерні форми, зазвичай серпоподібні або веретеноподібні, з кількома перегородками. Зараження відбувається через молоді корені або механічні пошкодження рослин [11].

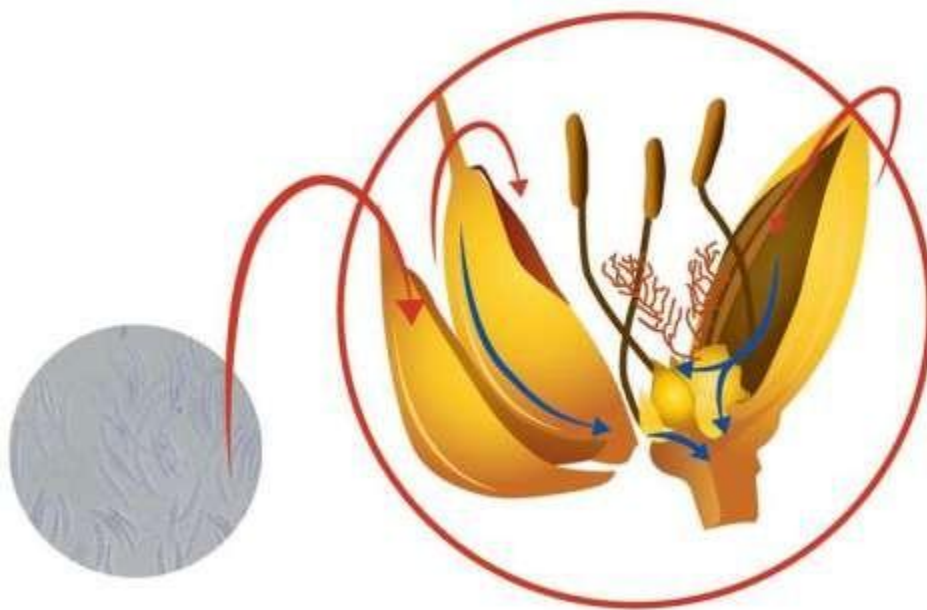


Рис. 1.8 Ураження рослини в період цвітіння [11]

Гриби роду *Fusarium* проходять як вегетативну, так і статеву стадію. Наприкінці вегетаційного періоду або після збирання врожаю на уражених рослинах утворюються плодові тіла (перитеції) з аскоспорами. Статева стадія забезпечує генетичну мінливість і рекомбінацію, що сприяє адаптації до умов довкілля та підвищенню резистентності до фунгіцидів (рис.1.8) [11].

Після мейозу утворюються аскоспори, які пакуються в аски і формують перитеції. За сприятливих умов вони дозрівають за 9–10 діб, після чого аскоспори разносяться вітром і проростають на рослинах. В подальшому утворюються мікроконідії, які колонізують рослини і спричиняють нове зараження [11].

Зараження рослин відбувається за температури від 3 до 35 градусів (оптимум 15–22 градусів) та вологості ґрунту понад 40 %. У фазі сходів сої за несприятливих умов навколишнього середовища для розвитку проростків рослин (низька температура, надмірна зволоженість ґрунту за частих опадів, висока кислотність ґрунту, утворення щільної ґрунтової кірки; важкі за гранулометричним складом ґрунти, що запливають; солонці; солончаки; кислі ґрунти, глибоке загортання насіння у ґрунт, яке погіршує умови аерації, а при дуже мілкому призводить до пересихання верхнього шару і погіршення умов для проростання насіння; різкі коливання температури в період проростання насіння; низька якість насінневого матеріалу, недоброякісне відкаліброване і отруєне насіння та ін.) спостерігається інтенсивне ураження рослин хворобою [11].

Поширення і розвиток хвороби відбувається у результаті того, що в таких стресових умовах суттєво знижується стійкість рослин проти мікроорганізмів, і ослаблені проростки інтенсивно уражуються фузаріозом.

Фузаріоз негативно впливає на сою, використовуючи її поживні речовини та виділяючи токсини, які отруюють зародок і паростки, що призводить до зрідження посівів. Хвороба зменшує площу асиміляції, знижує рівень хлорофілу, підвищує дихання рослин і суттєво знижує їх продуктивність, а також якість і схожість насіння. Втрата урожаю може досягати 25–40% і більше, і імунних сортів сої не існує [11].

Основне джерело інфекції — уражені поживні рештки і заражене насіння. Уражене насіння набуває рожевого відтінку, стає щуплим, втрачає блиск. Також варто не забувати, що збудник може проявляти себе у вигляді латентної інфекції, тобто без будь-яких візуальних ознак ураження. Під час

зберігання вологість такого зерна може сягати 18 % і більше. За таких умов хвороба інтенсивно розвивається й поширюється, склеюючи міцелієм зерна у тверді грудки.

Соя на початку вегетації росте повільно, тому бур'яни конкурують з нею за ресурси, що може знизити врожайність на 30-50%. Інтегрована боротьба з бур'янами включає боронування та використання гербіцидів. Досходове боронування знижує забур'яненість на 40-50%, післясходове — на 50-60%, а їх поєднання — на 65-75%. Міжрядні обробки проводять 2-4 рази залежно від появи бур'янів, останній — до фази бутонізації.

Прогнозування хвороби: ґрунтується на аналізі агрокліматичних умов, якості ґрунту, рівня інфікованості насіння та наявності збудників у ґрунті. Основні фактори ризику — підвищена вологість, теплі температури та наявність заражених залишків рослин на полі, які створюють сприятливі умови для розвитку патогенів роду *Fusarium*.

Для моніторингу поширення хвороби застосовують методи регулярного обстеження полів, аналізу ґрунту на наявність грибка і діагностику стану рослин на ранніх стадіях розвитку. Систематичний контроль рівня вологості, температури ґрунту та вологості повітря дозволяє спрогнозувати активізацію хвороби та вчасно застосувати профілактичні заходи, такі як обробка фунгіцидами, чергування культур і дотримання сівозміни.

1.3 Система захисних заходів на сої проти фузаріозу

Організаційно-господарські заходи: для захисту сої від фузаріозу важливо дотримуватися сівозміни, використовувати стійкі до хвороби сорти, обробляти насіння перед посівом, уникати загущення посівів для кращої циркуляції повітря і своєчасно знищувати залишки рослин, які можуть бути джерелом інфекції. Ці заходи знижують ризик зараження і втрати врожаю.

Використання стійких сортів: Сучасні сорти сої, стійкі до фузаріозу, допомагають знизити ризик зараження рослин. Рекомендовані сорти сої:

аполло, венус, кентуккі, канзас. Рекомендовані фунгіциди: Ультрафіт (норма витрати: 2 л/га, Азоксин (норма витрати: 1-1.5 л/га), Хеллер (норма витрати: 1-1.5 л/га) Полігард (норма витрати: 1-2 л/га), Болівар Форте (норма витрати: 1.2-1.5 л/га) Альфа-Тебузол (норма витрати: 1-1.5 л/га).

Селекційно-насінневі заходи: включають відбір і вирощування сортів з підвищеною стійкістю до хвороби, ретельний контроль якості насіння, а також протруювання його спеціальними препаратами перед посівом. Ці методи дозволяють зменшити ризик зараження і підвищити схожість та стійкість рослин до патогену.

Серед сортів сої, стійких до фузаріозу або менш сприйнятливих до цього захворювання, можна виділити:

- Морава – характеризується високою врожайністю та стійкістю до фузаріозу і бактеріозу.
- Аполло – сорт із середньою стійкістю до фузаріозу, адаптований до різних кліматичних умов.
- Сузір'я – український сорт, стійкий до фузаріозу, забезпечує стабільний урожай.
- Анастасія – сорт із підвищеною стійкістю до комплексу корневих гнилей, включаючи фузаріоз.
- Кент – має високу стійкість до хвороб та рекомендований для вирощування в різних регіонах.

Виведення та впровадження стійких сортів і гібридів сільськогосподарських культур є ключовим екологічно безпечним напрямом у захисті рослин від хвороб. Стійкі сорти забезпечують подовжений інкубаційний період для патогенів, що обмежує їхнє плодоношення та знижує ризик розвитку хвороб. Завдяки цьому значно знижується потреба в хімічній обробці, що не лише економить ресурси, а й зменшує забруднення довкілля та урожаю токсинами, забезпечуючи високий і стабільний урожай.

Агротехнічні заходи: при розміщенні сої в сівозміні важливо враховувати її слабку конкурентоспроможність щодо бур'янів. Кращими

попередниками для сої є озимі культури (пшениця, ячмінь), ярі колосові, кукурудза, картопля та цукрові буряки, оскільки вони не мають спільних шкідників і хвороб з соєю. Не рекомендується сіяти сою після соняшнику, зернобобових, суданської трави та багаторічних бобових культур через спільних шкідників і збудників хвороб.

Також важливо уникати сівби сої на відстані менше 500–700 м від лісосмуг з білою акацією, оскільки це значно знижує ураження бобів акаціевою вогнівкою. В умовах південних районів України доцільно вибирати стійкі до акаціевої вогнівки сорти.

Обробка ґрунту після стерньових попередників полягає в 2-3-кратному обробітку дисковими знаряддями з подальшою оранкою плугами на глибину 22-25 см. Після цукрових буряків та кукурудзи оранка проводиться на глибину 27-30 см для обмеження чисельності шкідників і зменшення розвитку хвороб. У разі сильного засмічення полів багаторічними коренепаростковими бур'янами, проводиться обприскування гербіцидом 2,4-Д, а для боротьби з одно- і багаторічними злаковими та двосім'ядольними бур'янами використовують глісол.

Мінеральні добрива вносяться восени перед оранкою, що забезпечує ефективне живлення рослин. Для зниження ураженості рослин вірусними хворобами та підвищення конкурентоспроможності сої проти бур'янів, використовують відкаліброване, непігментоване насіння. Для боротьби з кореневими гнилями, пероноспорозом та іншими грибковими хворобами насіння обробляють протруйниками, такими як бенлат або фундазол.

На легких ґрунтах перед сівбою обробляють насіння молібдатом амонію або натрію (містить 30-35% молібдену), що підвищує стійкість до грибкових і бактеріальних хвороб. Також у день сівби насіння обробляють ризоторфіном, що знижує розвиток пероноспорозу. Перед сівбою, зокрема навесні, проводять обробку проти однорічних злакових та деяких двосім'ядольних бур'янів гербіцидами.

Найкращі результати досягаються при сівбі сої в оптимальні строки та загортанні насіння на глибину 3-4 см. Це прискорює проростання і знижує ризик ураження сходів бактеріальними хворобами та пошкодження ґрунтовими шкідниками. Пізні посіви зазвичай страждають від сильнішого ураження хворобами. У широкорядних посівах знижується пошкодження дротяниками порівняно з суцільними посівами. У зоні зрошення не рекомендується проводити поливи відразу після сівби, оскільки це може спричинити утворення кірки на поверхні ґрунту, що веде до зрідженості посівів і підвищення ураження сходів грибковими та бактеріальними хворобами.

Успішна боротьба зі шкідниками та хворобами залежить від якості моніторингу поля, а також від точності діагностування проблеми та оцінки збитків. Перевіряти стан посівів сої необхідно регулярно, особливо протягом двох тижнів після появи сходів, а також у період між цвітінням та дозріванням плодів. За допомогою спеціального інструменту та мобільного додатка EOSDA Crop Monitoring можна призначити конкретного скаута для обстеження проблемної ділянки та отримати звіт прямо з поля.

Застосування хімічних пестицидів: хімічний захист сої від фузаріозу включає обробку насіння перед сівбою та застосування фунгіцидів під час вегетації.

Фунгіцид Азоксин

- Системний фунгіцид для захисту сої від фузаріозу та інших грибкових захворювань.
- Норма витрати: 1-1.5 л/га.

Фунгіцид Хеллер

- Фунгіцид системної дії для профілактики та лікування грибкових хвороб, включаючи фузаріоз.
- Норма витрати: 1-1.5 л/га.

Фунгіцид Полігард

- Системний фунгіцид широкого спектра дії для боротьби з фузаріозом і захисту рослин.

- Норма витрати: 1-2 л/га.

Фунгіцид Болівар Форте

- Препарат для захисту від фузаріозу та інших грибкових інфекцій на всіх етапах розвитку рослин.

- Норма витрати: 1.2-1.5 л/га.

Фунгіцид Альфа-Тебузол

- Системний фунгіцид для профілактики і лікування фузаріозу, забезпечує тривалий захист.

- Норма витрати: 1-1.5 л/га. [12]

Застосування біологічних препаратів: одним із основних підходів є застосування біоконтролю за допомогою корисних мікроорганізмів, таких як фітоцидні гриби, бактерії та актиноміцети, які мають антагоністичну дію щодо патогенів. Для контролю фузаріозу можна використовувати біологічні препарати на основі бактерій, таких як *Bacillus subtilis*, *Bacillus amyloliquefaciens*, *Trichoderma spp.* та інші мікроорганізми, які здатні пригнічувати розвиток *Fusarium* через конкуренцію за поживні речовини або виділення антагоністичних метаболітів. [12]

Біологічні препарати: Біоінокулянт – БТУ (Життєздатні клітини бульбочкових бактерій), флітолавін, р. к. (фітобактеріоміцин, 32 г/л, норма витрати – 1,5–3,0 л/т), фітоцид-Р із нормою витрати 0,5-1,5 л/га, Мітігейт, в. р. (рослинний алкалоїд, 200 г/л) за норми витрати 0,25–0,3 л/га. [12]

Крім того, застосування мікробіологічних стимуляторів росту, таких як ризоторфін, може покращити стійкість рослин до грибкових хвороб, зокрема до фузаріозу. Ці препарати підвищують активність корисної мікрофлори в ґрунті, що сприяє зміцненню імунітету рослин.

Іншим біологічним методом є посів стійких сортів сої, що мають природну резистентність до фузаріозу. Вибір таких сортів допомагає значно знизити ризик інфекції. [12]

Комплекс карантинних заходів: включає низку агротехнічних, хімічних і біологічних дій, спрямованих на запобігання поширенню хвороб. Важливим етапом є використання сертифікованого та здорового насіння, яке проходить обов'язкове протруювання від патогенів, зокрема від фузаріозу, що знижує ризик зараження на початкових етапах розвитку рослин. Крім того, необхідно контролювати переміщення насіння, ґрунту та сільськогосподарської техніки з інфікованих територій, щоб не допускати поширення патогенів на здорові поля.

Регулярний моніторинг стану посівів на наявність симптомів фузаріозу допомагає виявити зараження на ранніх стадіях, що дозволяє вчасно вжити необхідні заходи. У разі виявлення інфекції застосовуються карантинні обробки, зокрема хімічні фунгіциди та біологічні препарати. Також важливим елементом карантину є ротація культур у сівозміні, що допомагає знизити накопичення патогенів у ґрунті, а також проведення глибокого обробітку ґрунту для зниження чисельності збудників хвороб.

До карантинних заходів належить також забезпечення належної гігієни на полях і в господарствах, включаючи обробку сільськогосподарської техніки, інвентарю та осель від можливих збудників хвороб.

II. УМОВИ ТА МЕТОДИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Умови проведення дослідження

Центральна фітосанітарна лабораторія (далі, ЦФЛ) створена відповідно до Положення про Державну ветеринарну та фітосанітарну службу України і є державною установою, яка належить до сфери управління Державної ветеринарної та фітосанітарної служби України. Під час реорганізації в структуру Державної установи «Центральна фітосанітарна лабораторія» увійшли Центральна науково – дослідна карантинна лабораторія, карантинна лабораторія м. Київ, карантинна лабораторія по Київській області [13].

ЦФЛ також співпрацює з фітосанітарними лабораторіями України, з науковими установами, міжнародними організаціями. Бере участь у проведенні аналізу фітосанітарного ризику та прийняття рішення щодо карантинного значення виявлених організмів, розробці та наданні рекомендацій по здійсненню заходів, спрямованих на їх локалізацію та ліквідацію [13].

ЦФЛ атестована Українським державним центром стандартизації та сертифікації “Украгостандартсертифікація” на проведення робіт з визначення фітосанітарного стану рослин і продукції рослинного походження по наступним видам аналізів: ентомологія, мікологія, бактеріологія, фітогельмінтологія, вірусологія, гербологія. В лабораторії проводиться фітосанітарна експертиза різноманітної імпортової та вітчизняної рослинної продукції.

Це, в основному, матеріали, які потребують проведення складного, комплексного аналізу. За результатами експертизи видається висновок фітосанітарної експертизи, в якому зазначаються відповідні заходи та рекомендації щодо подальшого використання об’єктів регулювання [13].

Будується нове приміщення лабораторії, що дозволить посилити аналітичну та діагностичну спроможність існуючої фітосанітарної лабораторії. Також ведеться підготовка по акредитації лабораторії відповідно до міжнародних вимог та сертифікації згідно стандарту ISO/IEC 17025:2006.

Державна установа “Фітосанітарна лабораторія” знаходиться в місті Київ за адресою: вулиця Колоскова, 7. Це розташування знаходиться в житловому районі міста, зручно доступне громадським транспортом [13].

Вулиця Колоскова розташована в південно-східній частині Києва, неподалік від зелених зон та парків, що створює приємну атмосферу навколо установи. В безпосередній близькості розташовані інші адміністративні та наукові установи, що сприяє розвитку науково-дослідницької діяльності та співпраці. Лабораторія забезпечує науково-технічну підтримку аграрного сектору, проводячи експертизи та надаючи рекомендації щодо захисту рослин [13].



Рис. 2.1 Будівля “Центральна фітосанітарна лабораторія” [13]

Будівля Державної установи “Фітосанітарна лабораторія” — це сучасний багатоповерховий комплекс, який відповідає всім стандартам і вимогам для проведення науково-дослідних робіт та фітосанітарного контролю. Будівля оснащена сучасними системами вентиляції, кліматичного контролю та безпеки, що забезпечує оптимальні умови для роботи персоналу та зберігання зразків. Вона включає в себе: фітопатологічна лабораторія,

ентомологічна лабораторія, лабораторія контролю якості ґрунту, молекулярно-біологічна лабораторія, лабораторія фітосанітарної експертизи та додаткові приміщення, описанні нижче [13].

Фітопатологічна лабораторія:

- Основні завдання: Дослідження та діагностика хвороб рослин, аналіз зразків на наявність патогенних мікроорганізмів.

- Обладнання: Мікроскопи, спектрофотометри, ПЛР-аналізатори, центрифуга, чашки петрі, компютер.

Державна установа “Фітосанітарна лабораторія” оснащена сучасним обладнанням, яке дозволяє проводити точні та надійні фітосанітарні дослідження. Ось деякі основні типи обладнання, яке використовують в лабораторіях:

Мікроскопи. Ця лабораторія використовує сучасні та оснащені типи мікроскопів, які поділяються на світлові, електронні, стереоскопічні [13].



Рис. 2.2 Мікроскопи в ЦФЛ (власне фото)

На цьому фото (рис.2.2) ми можемо побачити два цифрових мікроскопів, які використовуються для детального вивчення мікроструктур, виявлення патогенів, аналізу рослинного матеріалу. Їх особливості в тому що вони оснащені цифровими камерами, які дозволяють отримувати зображення високої роздільної здатності та передавати їх на комп'ютер або спеціальний монітор.

Також на фото (рис. 2.2,2.3) посередині ми можемо побачити бінокулярний мікроскоп це прилад із двома окулярами, що служить для багаторазового візуального збільшення досліджуваних предметів.



Рис. 2.3 Бінокулярний мікроскоп під час проведення експертизи (власне фото)

Візуалізація зображення через два окуляри, що дає змогу розглядати його двома очима, – головна особливість, що відрізняє мікроскоп бінокулярний від монокулярного та дає змогу використовувати його не тільки для лабораторних досліджень, а й виконання робіт із дрібними деталями. Призначений для досліджень початкового рівня з ботаніки, біології та інших предметів.

Центрифуга (рис.2.4). В фітопатології вона використовується для розділення рідинних зразків на різні компоненти на основі їх густини. Це дозволяє ефективно ізолювати і концентрувати патогени, такі як гриби, бактерії чи віруси, з рослинних зразків або ґрунту. Дозволяє ефективно ізолювати і концентрувати патогени, такі як гриби, бактерії чи віруси, з



Рис. 2.4 Центрифуга з пробірками в ЦФЛ (власне фото)

рослинних зразків або ґрунту. ізолювати і концентрувати патогени, такі як гриби, бактерії чи віруси, з рослинних зразків або ґрунту. Вона застосовується для ізоляції патогенів (вона допомагає відокремити патогени від рослинних тканин, ґрунту чи води, що важливо для їх подальшого аналізу), концентрації зразків (для більш точного виявлення низьких концентрацій патогенів можна концентрувати їх у невелику частину рідини), сепарації компонентів (вона дозволяє розділити різні компоненти в рідині, наприклад, частки клітин, спори або метаболіти), аналізу фізикохімічних властивостей (наприклад, можна визначити густину часток або дослідити структурні особливості патогенів).

Центрифуга є важливим інструментом для отримання чистих зразків і покращення точності фітопатологічних досліджень.

Інструменти для взяття зразків. Ніж або скальпель для зрізання частин рослин. Використовується для взяття зразків з рослини або дерева. Пінцети, ножиці та інші інструменти для обробки зразків.

Проблемна науково-дослідна лабораторія мікології та фітопатології

Адреса: 03041, м. Київ, вул. Героїв Оборони, 13, корп. №4, к. 53

Старший науковий співробітник: Волощук Наталія Михайлівна

Кандидат біологічних наук

Лабораторія була створена на базі кафедри фітопатології ім. акад. В.Ф. Пересипкіна з метою проведення головних та прикладних досліджень у сільському господарстві з фітопатології, мікології, фітобактерології, імунітету рослин, промислового грибівництва, технологій захисту рослин та культивованих грибів [14].

Проблемна науково-дослідна лабораторія була сформована з метою вирішення актуальних проблем з питань розвитку науки та екологічно безпечного функціонування агропромислового, водногосподарського, лісового комплексів. Виконання робіт науково – методичного характеру [14].

2.2 Методи проведення досліджень

2.2.1 Лабораторні методи

Ми досліджували посівні якості такі як: енергія проростання, схожість, ураження хворобами, дослідження проводилось згідно ДСТУ 4138-2002.[15] В ньому містяться обов'язкові вимоги щодо державного насінневого контролю. В ньому встановлено правила відбирання, формування та приймання проб, метод аналізування чистоти, енергії проростання, маси 1000 насінин, схожості, зараження хворобами тощо.

Для передпосівної обробки насінневого матеріалу, проводять тестування препаратів як протруйників посівного матеріалу в природних та інфекційних умовах у строки, які сприятливі для розвитку хвороб. Для досліду використовують насіння сортів, які внесені до «Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні», вирощується на місці досліду та підготовлюється до посіву. Також перевіряють схожість насіння на схожість та енергію проростання, відбирають згідно з вимогами Держстандарту.

Метод аналізування маси 1000 насінин. Метою цього досліду є визначення маси 1000 насінин, що характеризує цінність насінневої партії. Для цього зазвичай використовують всю пробу або її частину.

Від насіння основної культури відраховують по 100 насінин. Далі обчислюють:

а) варіансу V за формулою:

$$V = \frac{n(\sum x^2) - (\sum x)^2}{n(n-1)}$$

де x – маса 100 насінин кожного повтору, г;

n – кількість повторів;

\sum - сума;

б) стандартний відхил δ :

$$\delta = \sqrt{V}$$

в) середньоарифметичну масу \bar{x} 100 насінин:

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$$

г) коефіцієнт варіації k :

$$k = \frac{\delta}{\bar{x}} 100$$

Для обчислення маси 1000 насінин множать на 10 середньоарифметичної маси 100 шт. Від основного насіння відраховують по 500 шт насінин та зважують. Середньоарифметичне мас обчислюють з двох повторів, фактичну розбіжність та їхню суму. Розбіжність не має перевищувати 3 %. Результатом є сума з двох повторів заокруглена до першого десяткового знака.

Метод аналізування зараженості насіння. Беруть середню пробу та відбирають чотири повтори по 50 або 100 насінин, залежно від виду. Для того щоб проростити насіння у вологій камері використовують стерильні чашки Петрі. На дно кладуться три шари марлі або два шари фільтрувального паперу. Марлю або папір потрібно зволожити водою з піпетки, трохи відкривши збоку кришку. Зволоження достатнє, якщо при нахилі чашки з марлі чи паперу стікає пару капель води. Насіння розкладається пінцетом на відстань 1-2 см одне від одного, залежно від розміру насіння. Закриті чашки або склянки з насінням поміщається у термостати для пророщування.

Щоб провести аналіз насіння у рулонах фільтрувального паперу використовують два шари паперу, які зволожені до повної насиченості. Відбирають чотири проби по 50 або 100 насінин, для яких використовують смужки фільтрувального паперу розміром 55 × 10 см або 110 × 10 см, можлива невелика похибка. Насіння викладається в одну лінію з інтервалом 1 см, на відстані 2-3 см від верхнього та бокових країв паперової смужки. Його кладуть зародками вниз, а округлі насінини — довільно. Насіння накривають смужкою того ж зволоженого фільтрувального паперу та зверху додають корекс або смужку поліетиленової плівки, і все скручують у рулон. Рулони встановлюються вертикально у посудину і розміщують у термостаті при

температурі 22-25 °С, не допускаючи підсихання; воду внизу термостата змінюють кожні 3-5 діб. Аналіз насіння проводять у строки, визначені для оцінки його схожості згідно ДСТУ 4138-2002 [15]

При аналізі на живильних середовищах відбираються чотири проби по 50 або 100 насінин і розміщуються у стерильному посуді з живильним середовищем на картопляному агарі або середовищі Чапека. У стерильні чашки Петрі діаметром 95-100 мм наливають 10 см³ стерилізованого агару товщиною 3-4 мм. Процес розливання агару і розміщення насіння проводиться у стерильному боксі. Насіння промивається водою 1-2 години, дезінфікується 1%-м розчином азотнокислого срібла або 96%-м спиртом протягом 1-2 хвилин, потім промивається стерильною водою і просушується між листками стерильного фільтрувального паперу. Проби насіння по 50-100 шт. поміщають у чашки Петрі (по 10-20 шт. залежно від культури), і, використовують стерильний пінцет, розміщують на поверхні живильного середовища. Далі чашки поміщають у термостат для пророщування при температурі 22-25 °С. Пророщування та аналіз проводять протягом часу, передбаченого для оцінки схожості насіння згідно ДСТУ 4138-2002 [15]

Основні ознаки ураження насіння можна поділити на такі категорії:

1. Зовнішні зміни насіння — насіння стає тьмяним, зморщеним, із пошкодженою оболонкою (зокрема, це характерно для ураження льону антракнозом та іншими хворобами).
2. Наявність сторонніх включень — у насінні можуть бути виявлені сторонні домішки, як-от склероції білої гнилі.
3. Плями та виразки — на поверхні насіння утворюються плями різних відтінків, наприклад, карміново-рожеві при фузаріозному ураженні.
4. Спори грибів — спостерігається прилипання спор грибів до поверхні насінин.
5. Грибниця всередині оболонки — грибниця проникає під оболонку насіння, іноді на значну глибину.

6. Плодові тіла грибів — за певних умов на поверхні насінин формуються темні плями, що видно неозброєним оком.
7. Спороношення грибів — на поверхні з'являється характерний наліт або пліснява.

Для того, об перевірити визначення хвороб насіння частину колонії патогена, яка розвинулася на живильному середовищі, досліджують під мікроскопом. Зараженість насіння хворобами визначається на основі первинних результатів аналізу. У кожній пробі підраховується загальна кількість насіння, ураженого різними хворобами, включаючи бактеріальні інфекції за формулою:

$$X = \frac{N}{n} \times 100, \text{ де:}$$

N – сумарна кількість уражених насінин в пробах, шт;

n – кількість насінин, узятих для аналізу, шт.

У разі виявлення кількох захворювань на одній насініні або проростку, зараженість фіксують за тією хворобою, ознаки якої проявляються найяскравіше. Якщо ж ступінь прояву хвороб приблизно однаковий, до обліку беруть ту, яка має більший рівень шкідливості. Усі отримані результати фіксуються в таблиці.

Метод створення штучного інфекційного фону. Інфекційний фон створювали, додаючи насіння, заражене грибами роду *Fusarium* у ґрунт перед сівбою. Збудник попередньо вирощували на стерильних субстратах, таких як насіння пшениці. Насіння, яке замочували на добу, засипали у колби, заповнюючи їх приблизно на 1/3, і додавали воду до 1/3 висоти субстрату. Субстрат стерилізували при тиску 1 атм протягом години. Після стерилізації зерно в колбах ретельно перемішують, щоб запобігти ущільненню, і заражають культурою грибів. Під час росту вміст колб періодично струшували. Через три тижні інфекцію виймали із колб, розсипали тонким шаром і підсушували до повітряно-сухого стану. На дослідну ділянку заражене зерно сіяли під оранку в лунки перед висіванням культури.[10]

2.2.2 Польові методи

Методом польового дослідження визначають схожість насіння та густоту посадки рослин. Для цього з кожної повторності беруть 100 насінин, які вручну висівають окремо на тій же ділянці, незалежно від способу посіву. Після появи повних сходів проводять облік. Густоту стояння рослин (кількість рослин на одиницю площі чи відрізок рядка) проводять вимірювання у фазу другого листка. Для маркування площі використовують рамку, всередині якої підраховують кількість рослин.

У польових умовах для оцінки стійкості сорту до хвороб, які викликає збудник фузаріозу та технічної ефективності фунгіцидів також визначають показники ураженості та розвитку захворювання.

Облік проявів захворювань проводився у фазу цвітіння перед обробкою та на 7, 14, 21 день після обробки.

На кожній дослідній ділянці оглядали 25 рослин у середній її частині.

Для оцінки ураженістю хворобами ми визначали їх поширення та розвиток за формулами:

$$P = \frac{n}{N} \times 100 \%, \text{ де:}$$

P – поширення хвороби, %;

n – кількість хворих рослин, шт.;

N – загальна кількість обстежених рослин, шт.;

$$R = \frac{\sum (a \times b) \times 100}{N \times K}, \text{ де:}$$

R – розвиток хвороби, %;

$\sum (a \times b)$ – сума частот балів;

N – загальна кількість обстежених рослин, шт.;

K – максимальний бал в шкалі ураження хворобою.

Ступінь ураження визначали за таблицею 2.3:

Таблиця 2.3. Шкала інтенсивності ураження бобових культур в'яненням і гнилями в період цвітіння-дозрівання бобів

0 – (відсутнє) не уражені рослини;

1 – (слабке) не велике побуріння та почорніння кореневої шийки, стебла;

2 – (середнє) побуріння та почорніння кореневої шийки або основи стебла, загнивання головного та бічних коренів;

3 – (сильне) сильне побуріння і загнивання основи стебла, уражені тканини рослин вкриті білим, бурим або сірим нальотом, легко виривається з ґрунту;

4 – (дуже сильне) рослине гине [17].

Отриманий урожай збирали ручним способом. В кожному варіанті обліковували масу 1000 насінин, довжину стебла та кількість стручків/стебло.

Для проведення дослідів було взято сорт сої: «Вишиванка»

Сорт «Вишиванка» внесений в державний реєстр України в 2019 році. Середня врожайність сорту за останні 5 років склала 18,6 - 22,4 ц/га. Урожайність сорту 14,4 - 24,9 ц/га. Період вегетації складає 104-115 діб. Висота рослини - 68,5 - 82,5см. Стійкість до вилягання 8 - 9 балів. Стійкість до обсипання 8 балів. Стійкість до посухи 8 балів. Стійкість проти пероноспорозу 9 балів. Стійкість проти аскохітозу 9 балів. Стійкість до бактеріозу 8 - 9 балів. Стійкість проти септоріозу 9 балів. Стійкість проти фузаріозу 9 балів. Вміст білка - 37,8 - 39,2%. Вміст олії - 21,8 - 22,9%. Маса 1000 насінин – 144–183 г. Висота прикріплення нижнього боба 11,4– 13,4 см [16].

III. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Моніторинг хвороб насіння сої в лабораторних умовах

При аналізі на живильних середовищах ми відбирали 15 проб по 5 насінин і розмістили у стерильному посуді з живильним середовищем на середовищі Чапека. У стерильні чашки Петрі діаметром 95-100 мм налили 10 см³ стерилізованого агару товщиною 3-4 мм. Процес розливання агару і розміщення насіння проводився у стерильному боксі. Насіння промивали водою 1-2 години, дезінфікується 1%-м розчином азотнокислого срібла або 96%-м спиртом протягом 1-2 хвилин, після чого промивається стерильною водою і просушується між листками стерильного фільтрувального паперу. Проби насіння (по 5 шт.) помістили у чашки Петрі: одна проба містить дезінфіковане насіння, друга — недезінфіковане, а третя — насіння, яке ми помістили між листками стерильного фільтрувального паперу та зволожили (рис.3.1). Використовуючи стерильний пінцет, насіння розмістили на поверхні живильного середовища.

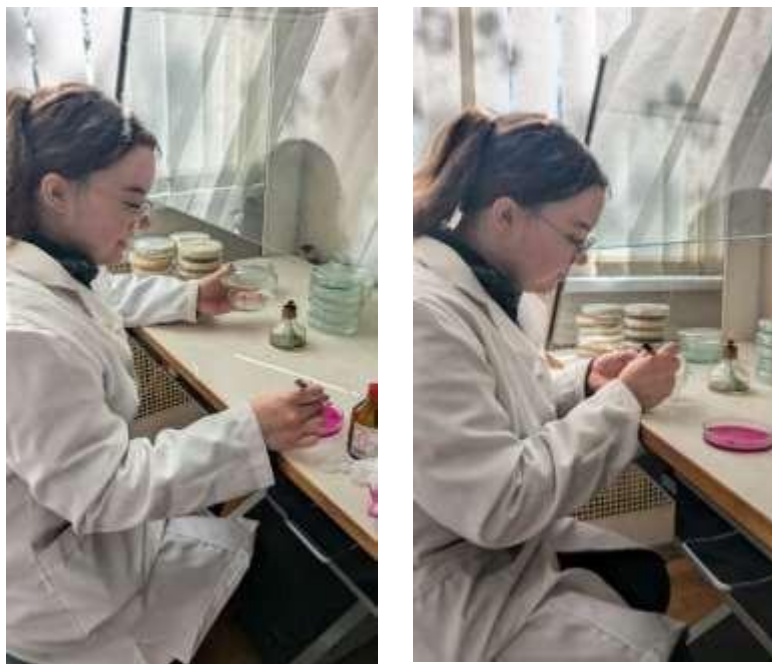


Рис. 3.1 Проведення дослідження в лабораторних умовах з метою ідентифікації збудників (власне фото)

Далі чашки помістили у термостат для пророщування при температурі 22-25 °С. Пророщування та аналіз проводили протягом часу, передбаченого для оцінки схожості насіння згідно з ДСТУ 4138-2002 [15].

На третій день після початку в чашках Петрі з дезінфікованим насінням спостерігався початок проростання — приблизно 30–50 % насінин утворили зародкові корінці. Середовище залишалось візуально майже чистим, з невеликою ознакою мікробного росту. У пробах з недезінфікованим насінням проростання було мінімальним, навколо частини насінин з'явилося помутніння, спостерігались перші ознаки мікрофлори — слабкий ріст плісняви або слизистих колоній. Насіння, зволожене у стерильному фільтрувальному папері, проростало дещо активніше, ніж недезінфіковане, ознак мікробного ураження було менше.



Рис. 3.1 Недезінфіковане насіння 3 день



Рис. 3.2 Дезінфіковане насіння 3 день



Рис. 3.3 Волога камера 3 день

На п'ятий день у дезінфікованому варіанті вже проросло до 90 % насіння — утворилися паростки та корінці. Середовище залишалося стерильним, ознак сторонньої мікрофлори не було. Натомість у недезінфікованому зразку активно розвивалась мікрофлора: середовище вкрите численними колоніями плісняви (переважно зеленого й чорного кольору), деякі насінини почали загнивати. Проростання було сильно пригнічене. Насіння, що проростало між зволоженим папером, показало добру схожість — до 80 %, ріст мікрофлори залишався на мінімальному рівні.

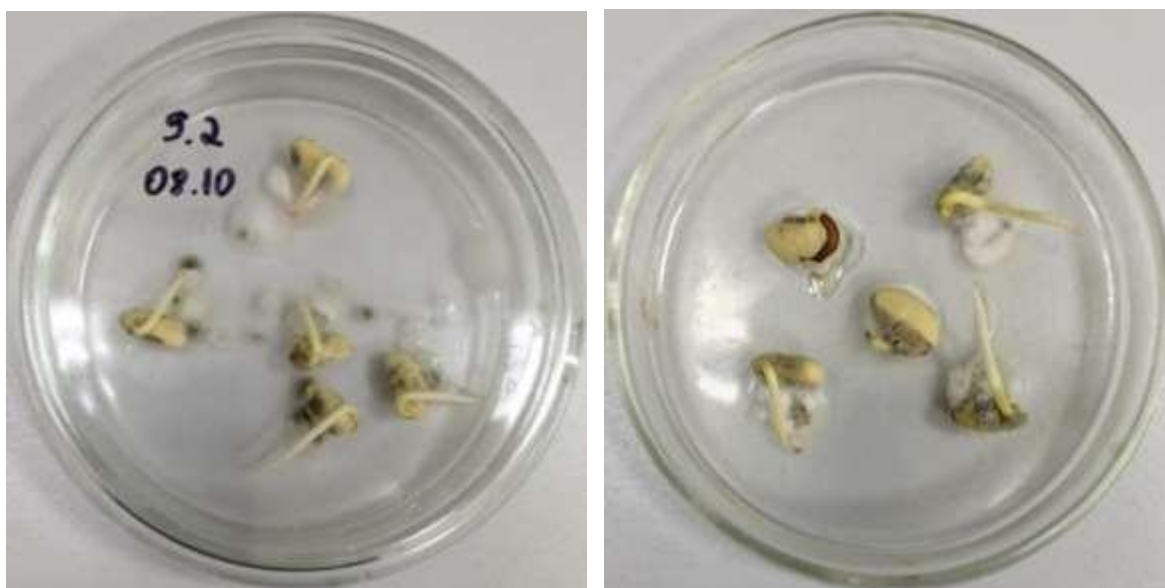


Рис. 3.4 Недезінфіковане насіння 5 день

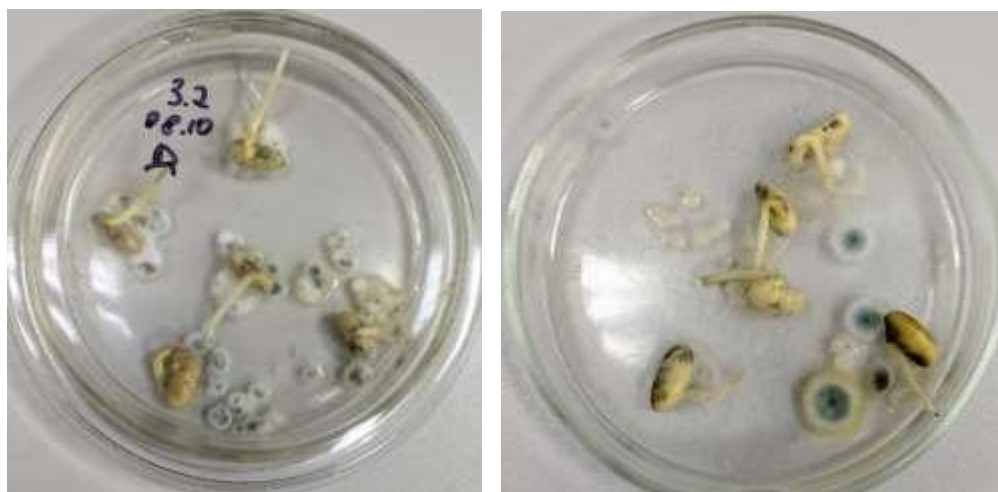


Рис. 3.5 Дезінфіковане насіння 5 день



Рис. 3.6 Волога камера 5 день

На сьомий день дезінфіковане насіння продовжувало інтенсивно розвиватися, 90 % проросло, паростки виглядали здоровими та міцними. У пробах з недезінфікованим насінням більшість зразків були уражені мікрофлорою — спостерігалось загнивання, розпад тканин насінин, сильне забруднення середовища мікробами. Проба насіння, пророщеного між зволеним фільтрувальним папером, показала добрий результат — до 90 % схожості, хоча паростки були трохи менш розвинені, ніж у дезінфікованій групі, і на поверхні середовища подекуди спостерігалось слабе ослизнення.



Рис. 3.7 Недезіфіноване насіння 7 день



Рис.3.8 Дезіфіноване насіння 7 день



Рис. 3.9 Волога камера 7 день

3.2 Поширення та розвиток фузаріозу сої

На цьому фото представлено лабораторний дослід із пророщування насіння сої у чашках петрі на середовищі Чапека, з метою оцінки фітопатологічного стану посівного матеріалу. У цих чашках пророщувалося насіння без контролю, контрольоване та з вологим фільтрувальним папером, що дозволяє оцінити рівень зараженості патогенами, зокрема грибами роду *Fusarium* та іншим збудникам.

Загальний опис стану чашок:

Усього — 15 чашок Петрі з середовищем Чапека, розміщених у 3 ряди по 5. У кожній чашці пророщено приблизно 5 насінин. З них більшість виявляють симптоми хвороб — це міцелій білого, рожевого або сірого кольору, з гниллю, зупинкою росту проростків, деформацією або загибеллю.



1. Сильне ураження (70–100%) — 10 чашок

У цих чашках більшість або всі проростки вкриті щільним шаром міцелію, переважає біло-рожевий колір, який типовий для фузаріозу, насіння почорніле, з ознаками гнилі. Видно загибель проростків, зупинку росту.

2. Середній рівень ураження (30–60%) — 3 чашки

Частина проростків виглядає відносно здоровою, але є кілька екземплярів з початковими ознаками грибкового зараження: слабкий міцелій, часткове потемніння коренів або затримка росту.

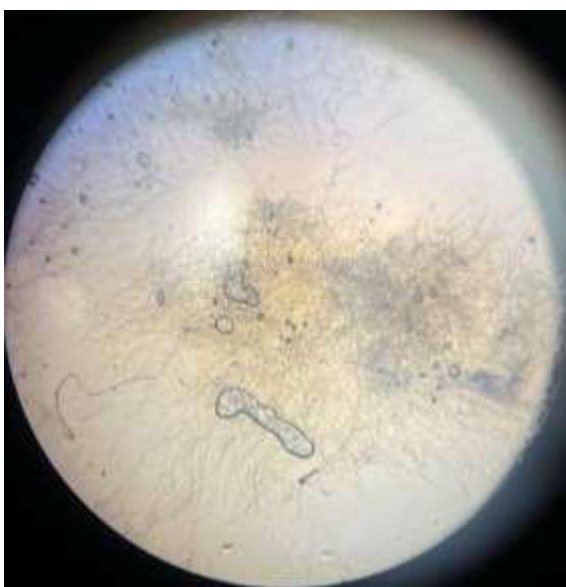
3. Низький рівень або відсутність ураження (0–20%) — 2 чашки

Проростки виглядають здоровими, відсутній видимий міцелій, колір насіння природний, ріст активний. Можливо, це контрольні зразки або оброблені фунгіцидами.

Загальний відсоток ураження насіння у досліді:

Якщо усереднити, то близько 75–80% насіння уражено хворобами, з яких основна частина припадає на фузаріоз, що видно за типовим біло-рожевим міцелієм та характерною гниллю.

Фузаріоз (*Fusarium spp.*) є основним патогеном у цьому досліді. Він проявляється у вигляді густого білого або рожевого нальоту, який швидко охоплює проростки, спричиняє кореневу гниль і зупинку росту. У деяких випадках можливе ураження іншими грибами, наприклад *Penicillium spp.* (синьо-зелений наліт) або *Alternaria spp.* (чорні плями), що може свідчити про змішану інфекцію. Не виключено й бактеріальне ураження, про що може говорити слизистість та розм'якшення проростків.



3.3 Ідентифікація збудників фузаріоз сої в умовах лабораторії та кафедри

ВИСНОВКИ

1. У досліджувальних чашках Петрі з середовищем Чапека, на розміщених насінинах виявляли симптоми фузаріозу — це міцелій білого, рожевого або сірого кольору, з гниллю, зупинкою росту проростків, деформацією або загибеллю.
2. Нами було відзначено сильне ураження (70–100%) — 10 чашок. В цих чашках більшість або всі проростки вкриті щільним шаром міцелію, переважає біло-рожевий колір, який типовий для фузаріозу, насіння почорніле, з ознаками гнилі. Видно загибель проростків, зупинку росту.
3. Середній рівень ураження (30–60%) — 3 чашки. Частина проростків виглядає відносно здоровою, але є кілька екземплярів з початковими ознаками грибкового зараження: слабкий міцелій, часткове потемніння коренів або затримка росту.
4. Низький рівень або відсутність ураження (0–20%) — 2 чашки. Проростки виглядають здоровими, відсутній видимий міцелій, колір насіння природний, ріст активний. Можливо, це контрольні зразки або оброблені фунгіцидами.
5. Фузаріоз (*Fusarium spp.*) є основним патогеном у цьому досліді. Він проявляється у вигляді густого білого або рожевого нальоту, який швидко охоплює проростки, спричиняє кореневу гниль і зупинку росту. У деяких випадках можливе ураження іншими грибами, наприклад *Penicillium spp.* (синьо-зелений наліт) або *Alternaria spp.* (чорні плями), що може свідчити про змішану інфекцію. Не виключено й бактеріальне ураження, про що може говорити слизистість та розм'якшення проростків.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ:

1. Січкарь В.І Шерстобітов В.В. Сучасна технологія вирощування та переробки сої : навч. посіб. Одеса : Одеса, 2012. 52 с. (дата звернення 03.02.2024)
2. Kevin Coleman a. Andrew P. Whitmore a. Kirsty L. Hassall b. Ian Shield a. Mikhail A. Semenov c. Achim Dobermann d. 1. Yoann Bourhis a. Aryena Eskandary a. Alice E. Milne a. Science of The Total Environment Volume 767. 2021. (дата звернення 03.02.2024)
3. Основні хвороби сої на початкових етапах органогенезу в Україні - AgroTimes. AgroTimes. URL: <https://agrotimes.ua/article/osnovni-hvoroby-soyi-na-pochatkovykh-etapah-organogenezu-v-ukrayini/> (дата звернення: 06.02.2024).
4. Vasiliadis S., Karamaouna F., Akrivoulis G., Papaioannou D., Athanassiou C. Insecticidal effects of diatomaceous earth against *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) and *Tribolium confusum* Jacquelin du Val (Coleoptera: Tenebrionidae) on wheat and maize // Crop Protection. – 2015. – Т. 75. – С. 132–138. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2015.06.003> (date of access: 06.02.2024).
5. *Fusarium graminearum* (GIBBZE)[Overview] EPPO Global Database. EPPO Global Database. URL: <https://gd.eppo.int/taxon/GIBBZE> (date of access: 06.02.2024).
6. *Fusarium oxysporum* (GIBBZE)[Overview] EPPO Global Database. EPPO Global Database. URL: <https://gd.eppo.int/taxon/GIBBZE> (date of access: (10.02.2024).
7. Інтегрований захист рослин. Полтава, 2020. 245 с.
8. І.Л Марков О.В Башта Д.Т Гентош О.П Дерменко М.Й Піковський. Сільськогосподарська фітопатологія. : навч. посіб. 2017. 476 с.

9. Видовий склад шкідливої мікробіоти у посівах сої в умовах рисових зрошувальних систем. URL: <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2022.128.18> (дата звернення: 13.02.2024)
10. Фузаріоз насіння, паростків і молодих рослин сої. URL: <https://agrarii-razom.com.ua/plant-diseases/fuzarioz-nasinnya-parostkiv-i-molodih-roslin-soi> (дата звернення: 15.02.2024)
11. Світлана Чоні канд с/г наук технічний менеджер з підтримки й розвитку фунгіцидів протруйників та насіння зернових культур ТОВ «Сингента». Фузаріоз. Чи знаємо ми ворога в обличчя?. URL: <https://www.syngenta.ua/en/news/zernovi/fuzarioz-chi-znaiemo-mi-voroga-v-oblichchya>. (дата звернення: 15.02.2024)
12. "АгроЕкспертТрейд". Фузаріоз сої (*Fusarium oxysporum*): Опис, профілактика та боротьба з хворобою. 2024. URL: <https://agroexp.com.ua/uk/fuzarioz-soi>. (дата звернення: 17.02.2024)
13. Державна установа «Центральна фітосанітарна випробувальна лабораторія Держ-прод-спо-жив-слу-жби». URL: <https://www.cfl.gov.ua/index.php?lang=ru> (дата звернення: 20.02.2024).
14. Проблемна науково-дослідна лабораторія мікології та фітопатології. Національний університет біоресурсів і природокористування України. URL: <https://nubip.edu.ua/node/1226> (дата звернення: 25.02.2024).
15. ДСТУ 4138-2002. Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості. [Чинний від 01.01.2004]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2003. 148 с. URL: https://www.agrodialog.com.ua/wp-content/uploads/2018/04/dstu-4138_2002.pdf
16. Соя ВИШИВАНКА. TVK Seed Agrocompany. URL: <https://tvkseed.com.ua/en/vishivanka.html> (дата звернення: 10.03.2025).

17. Ретьман С.В., Лісовий М.П. Реєстраційні випробування фунгіцидів у сільському господарстві. Колобі. Київ, 2013. С. 128-131.
18. Петриченко В.Ф., Патика В.П., Пасічник Л.А. та ін. Хвороби сої: моніторинг, діагностика захист. Вінниця. ТОВ Віндрук. 2016. 106 с.