

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Факультет захисту рослин, біотехнологій та екології

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри

фітопатології ім. акад. В.Ф.

Пересипкіна.

(назва кафедри)

_____ Дмитро ГЕНТОШ

(підпис)

« ___ » _____ 2025 р.

БАКАЛАВРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему «Особливості розвитку білої гнилі соняшнику та екологічні властивості гриба *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary»

Спеціальність 202 Захист і карантин рослин

Гарант освітньої програми

Доктор сільськогосподарських наук,

професор, професор кафедри

фітопатології ім.

акад. В.Ф. Пересипкіна _____

(підпис)

Мирослав ПІКОВСЬКИЙ

Керівник бакалаврської кваліфікаційної роботи

Доктор сільськогосподарських наук,

професор, професор кафедри

фітопатології ім.

акад. В.Ф. Пересипкіна _____

(підпис)

Мирослав ПІКОВСЬКИЙ

Виконав

(підпис)

Михайло ЧЕПЧАК

Київ – 2025

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Факультет (ННІ) захисту рослин, біотехнологій та екології

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

фітопатології ім. акад. В. Ф. Пересипкіна

Канд. с.-г. наук, доцент _____ Гентош Д.Т.
(науковий ступінь та вчене звання) (підпис) (ПІБ)

“ ____ ” _____ 2025 р.

З А В Д А Н Н Я

на виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи студенту

Чепчаку Михайлу Олексійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність 202 Захист і карантин рослин

(код і назва)

Тема бакалаврської кваліфікаційної роботи Особливості розвитку білої гнилі соняшнику та екологічні властивості гриба *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary

затверджена наказом ректора НУБіП України від “ ____ ” _____ 20__ р. № ____

Термін подання завершеної роботи на кафедру _____

(рік, місяць, число)

Вихідні дані до бакалаврської кваліфікаційної роботи соняшник, біла гниль, *Sclerotinia sclerotiorum*, поширення та розвиток хвороби, оцінка гібридів, особливості проявлення

Перелік питань, які потрібно розробити:

1. Визначити особливості проявлення білої гнилі соняшнику.
2. Дослідити динаміку розвитку білої гнилі соняшнику.
3. Провести оцінку ураження гібридів соняшнику білою гниллю.

Дата видачі завдання “ ____ ” _____ 2025 р.

Керівник бакалаврської кваліфікаційної роботи _____
(підпис)

Піковський М.Й.
(прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання _____
(підпис)

Чепчак М.О.
(прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ	6
ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ	9
1.1. Народногосподарське значення соняшнику.....	9
1.2. Технологія вирощування соняшнику.....	10
1.3. Сучасний стан вивчення збудника хвороби – гриба <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> (Lib.) de Bary	12
1.3.1. Історія вивчення гриба <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> (Lib.) de Bary	12
1.3.2. Поширення та шкідливість білої гнилі соняшнику	14
1.3.3. Проявлення білої гнилі соняшнику.....	17
1.4. Біологічні особливості збудника хвороби	18
1.4.1. Систематичне положення патогену та спеціалізація	18
1.4.2. Стадії спороношення гриба <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> (Lib.) de Bary ...	21
1.4.3. Джерела інфекції	23
1.4.4. Прогнозування білої гнилі соняшнику	24
1.5. Система заходів захисту від білої гнилі соняшнику	26
1.5.1. Селекційно-насінневі заходи захисту	26
1.5.2. Агротехнічні заходи захисту.....	27
1.5.3. Хімічні заходи захисту	28
1.5.4. Біологічні заходи захисту.....	30
РОЗДІЛ 2. УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	34
2.1. Характеристика господарства та ґрунтово-кліматичні умови проведення досліджень	34
2.2. Методика проведення досліджень.....	36
РОЗДІЛ 3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА	39
3.1. Особливості проявлення білої гнилі соняшнику	39
3.2. Динаміка розвитку білої гнилі соняшнику та екологія гриба <i>S. sclerotiorum</i>	42
3.3. Оцінка ураження гібридів соняшнику білою гниллю	45
ВИСНОВКИ.....	47

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	48
---------------------------------	----

РЕФЕРАТ

Бакалаврська кваліфікаційна робота на тему «Особливості розвитку білої гнилі соняшнику та екологічні властивості гриба *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Vary» містить 51 сторінку, 3 розділи, 18 рисунків, 1 таблицю, 3 формули. Список використаних джерел складається з 33 пунктів.

Мета дослідження. Метою наукової роботи було вивчення особливостей розвитку білої гнилі соняшнику, зокрема: дослідження особливостей проявлення, динаміки поширення та розвитку хвороби, а також проведення оцінки ураження гібридів соняшнику білою гниллю.

Завдання дослідження:

- провести обстеження посівів соняшнику, дослідити симптоматику та особливості проявлення білої гнилі;
- провести фітопатологічний моніторинг, встановити динаміку поширення та розвитку білої гнилі соняшнику;
- провести особисті обстеження та обліки інтенсивності розвитку хвороби для оцінки ураження гібридів соняшнику білою гниллю;
- проаналізувати екологічні властивості гриба *S. sclerotiorum*.

Об'єкт дослідження. Соняшник, а також гриб *S. sclerotiorum*, що викликає захворювання.

Предмет дослідження. Особливості розвитку білої гнилі соняшнику, симптоми хвороби, екологічні властивості гриба *S. sclerotiorum*.

Апробація результатів дослідження. Результати дослідження були представлені на IV Всеукраїнській науково-практичній конференції здобувачів вищої освіти «Досягнення і перспективи в захисті та карантині рослин».

Ключові слова: біла гниль, *Sclerotinia sclerotiorum*, симптоми хвороби, динаміка, оцінка гібридів, поширення, розвиток, шкідливість, соняшник.

ВСТУП

Соняшник є провідною культурою в нашій країні. За даними Державної служби статистики України, в 2023 році посівна площа соняшнику становила 5220,1 тис. га в межах господарств усіх категорій, що є найбільшим показником серед технічних, зокрема олійних культур. Однак, соняшник, як і інші сільськогосподарські культури, піддається впливу різних хвороб, які можуть значно знизити врожайність та якість продукції. Однією з таких хвороб є біла гниль соняшнику, спричинена грибом *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary.

Актуальність теми. Біла гниль, або ж склеротиніоз, є найбільш поширеною хворобою не тільки соняшнику, але й інших сільськогосподарських культур. Захворювання обумовлене високою шкідливістю та складністю контролю хімічними препаратами. Гриб *S. sclerotiorum* має здатність утворювати склероції, які зберігаються в ґрунті протягом тривалого часу, що ускладнює профілактику та контроль захворювання. Крім того, зміни клімату та інтенсивне збільшення площі сільськогосподарських угідь сприяють посиленню розвитку хвороби. Тому важливо дослідити всі аспекти біології та екології збудника захворювання для ефективного впровадження інтегрованих систем захисту.

Мета та завдання дослідження. Метою наукової роботи було вивчення особливостей розвитку білої гнилі соняшнику, зокрема: дослідження особливостей проявлення, динаміки поширення та розвитку хвороби, а також проведення оцінки ураження гібридів соняшнику білою гниллю.

Завдання дослідження:

- провести обстеження інфікованих рослин-живителів на посівах соняшнику, визначивши симптоматику та особливості проявлення білої гнилі;
- провести фітопатологічний моніторинг, дослідивши динаміку поширення та розвитку білої гнилі соняшнику;
- провести особисті обстеження та обліки інтенсивності розвитку хвороби для оцінки ураження гібридів соняшнику білою гниллю;
- проаналізувати екологічні властивості гриба *S. sclerotiorum*.

Об'єкт дослідження. Соняшник, а також гриб *S. sclerotiorum*, що викликає захворювання.

Предмет дослідження. Особливості розвитку білої гнилі соняшнику, симптоми хвороби, екологічні властивості гриба *S. sclerotiorum*.

РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1. Народногосподарське значення соняшнику

Соняшник є одною з провідних олійних культур в нашій країні. За народногосподарським значенням і темпами вирощування він не поступається таким сільськогосподарським культурам, як пшениця, ріпак, соя, кукурудза.

При переробці соняшнику, він дає найбільший вихід олії на одиницю площі, що становить – 750 кг/га. Найбільшу частку виробництва рослинної олії займає соняшникова – 98%. Соняшник є тепло-вимогливою культурою, тому її посіви зосереджуються переважно в південних регіонах України в степовій зоні (північні та центральні райони). Площа посіву становить 64,7% в співвідношенні до технічних культур та 15,7% в співвідношенні до всіх сільськогосподарських культур, які вирощуються в Україні [14].

Насіння соняшнику містить 48-50% жиру, 16-19% білка, а вихід олії для промислової переробки сягає близько 50%. Соняшникова олія широко використовується в харчовій промисловості (маргарин, консерви, хліб, кондитерські вироби), а також у миловарній, лакофарбовій та інших галузях. Під час переробки, крім рослинної олії, підприємства отримують макуху або шрот, які є цінним кормом у тваринництві [14].

Економічна ефективність виробництва насіння соняшнику та його переробки залежить від складного комплексу природних, економічних, технологічних, науково-технічних та інших факторів. У спеціалізованій літературі зазначається, що перехід виробництва на вирощування високоврожайних гібридів та оптимізація строків сівби дають змогу суттєво покращити показники рентабельності виробництва, а разом з тим знизити собівартість насіння та збільшити прибуток [23].

Найбільш поширеними та шкідливими хворобами соняшнику відзначаються: біла гниль – *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) Korf. et Dumont, сіра гниль – *Botryotiana fuckeliana* (de Bary) Whetzel, вугільна (попеляста) гниль –

Sclerothium bataticola Taub., несправжня борошниста роса – *Plasmopara halstedii* (Farlow) Berl. & de Toni, септоріоз – *Septoria helianthi* Ellis et Kellern., аскохітоз – *Ascochyta daronici* All., філостиктоз – *Phyllosticta helianthi* Ell. et Ev. та інші [13].

1.2. Технологія вирощування соняшнику

Технологія вирощування сільськогосподарських культур, відіграє важливу роль в інтегрованій системі захисту рослин. Агротехнічні прийоми в значній мірі впливають на поширення і розвиток хвороб, шкідників, бур'янів.

Наприклад, сівозміна та оптимальний підбір попередника обмежують накопиченню інфекції та збудників хвороб [13].

Обробіток ґрунту, зокрема глибока оранка, заглиблює склероції та ураженні рослинні рештки в ґрунт, де вони перегнивають та розкладаються під дією мікроорганізмів [13].

Оптимальні строки сівби сприяють «уникненню контакту з патогеном» та формуванню посівів до початку інтенсивного розвитку хвороби [13].

Тому, важливо розкрити всі фактори технології вирощування соняшнику для ефективного контролю шкідливих об'єктів.

Першим аспектом при вирощуванні соняшнику є підбір високоолеїнових гібридів, які забезпечують високу врожайність завдяки селекції та генетиці, а також економічну доцільність завдяки стійкості до абіотичних та біотичних факторів (посухостійкість, холодостійкість, стійкість до хвороб – фомопсису та білої гнилі). Толерантність деяких гібридів соняшнику до основних захворювань сприяє зниженню виробничих витрат на добрива та засоби захисту рослин [8].

Другим не менш важливим аспектом є система основного обробітку ґрунту посівів соняшнику (рис. 1.1). Необхідно відмітити зростання рівня урожайності гібридів соняшнику при застосуванні полицевого обробітку ґрунту. Менші показники врожайності формуються за плоскорізного обробітку ґрунту. Найменші показники урожайності мають гібриди, на яких проводився поверхневий обробіток [8].

Також, через небезпеку ураження посівів соняшнику вовчком, соняшnikовою міллю, несправжньою борошнистою росою, білою гниллю, рекомендується дотримання для соняшнику мінімального періоду повернення на місце попереднього вирощування, що становить 7-8 років. Кращими попередниками для нього є озима пшениця, кукурудза, картопля. Небажаним попередником є цукровий буряк [2].



Рис. 1.1. Посіви соняшнику в ВП НУБіП України «Агрономічна дослідна станція» (фото автора)

При вирощуванні соняшнику після злакових попередників проводять лущення стерні дисковими луцильниками на глибині 6-8 см. Полям, які засмічені коренепаростковими видами бур'янів, рекомендується перше лущення проводити з дисковими знаряддями. Коли бур'яни проростуть, здійснюють повторне лущення лемішними луцильниками або культиваторами-плоскорізами на глибину 12-14 см. Наприкінці вересня – на початку жовтня проводять глибоку оранку на глибині 25-27 см [1].

Якщо попередником була кукурудза, поле перед оранкою один-два рази розпушують важкими дисковими бородами для подрібнення післяжнивних решок і орють плугами з передплужниками на глибину 25-27 см [1].

Передпосівна культивуація має бути проведена на глибину 6-8 см (для гібридів 5-6 см). За нестачі продуктивної вологи застосовують систему мінімального обробітку ґрунту [1].

Також доведено, що формування врожаю соняшнику істотно залежить від строків сівби. Найвищий показник мали гібриди ранньостиглої та середньостиглої групи. Тому, рекомендується проводити сівбу в ранній строк (18-22 квітня). При проведенні сівби в пізні строки (10-15 травня) врожайність гібридів соняшнику суттєво зменшується – на 0,12-0,25 т/га [1].

В роки з холодною, затяжною весною середньостиглі гібриди, які були посіяні з 29 квітня по 5 травня формували найвищу врожайність, а в роки зі швидким підвищенням температури повітря і ґрунту навесні більший врожай давав соняшник, посіяний в ранні строки [8].

Крім строків сівби на рівень продуктивності соняшнику істотний вплив здійснює забезпечення рослин макро- та мікроелементами [8].

Позакореневе підживлення мікродобривом Авангард Р Соняшник сприяло збільшенню урожайності гібридів соняшнику, і в середньому воно склало 11,17-19,55% [8].

За інтенсивної технології вирощування соняшнику для знищення бур'янів у його посівах застосовують гербіциди. Відповідно, перевагу даній технології надають на сильно забур'яненних площах [1].

1.3. Сучасний стан вивчення збудника хвороби – гриба *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary

1.3.1. Історія вивчення гриба *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary

Хоча важливість *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary, як збудника хвороб рослин давно відома, існувала велика плутанина щодо таксономії та поділу видів з самого початку його історії (Libert, 1837). Подібним чином, з моменту

заснування, родина Sclerotiniaceae зазнала значних змін і перерозподілу родів [15].

Sclerotiniaceae – родина грибів порядку Helotiales типу Ascomycota. Родина включає види, що виробляють незапліднені аски з коричневих пластинчастих апотецій, які виникають із склероцій всередині (Whetzel, 1945). Розвиток склероцій є загальною ознакою для всіх представників родини Sclerotiniaceae. Незважаючи на те, що такі телеоморфні ознаки добре збережені в Sclerotiniaceae, існує велика різноманітність в анаморфному стані, що стало поштовхом до поділу родів у родині (Kohn, 1979). В даний час відомо 33 роди (Willetts, 1997). Розподіл видів у межах роду неодноразово переглядався. Системи поділу видів у *Sclerotinia* зосереджені на розмірі склероцій (Jagger, 1920), асоціації рослини-господаря (Kreitlow, 1949), розмірі аскуса та аскоспори (Ramsey, 1924) [15].

S. sclerotiorum був вперше описаний у 1837 році як *Peziza sclerotiorum* (Libert, 1837). Цей біном існував, доки вид не було перенесено до нового роду *Sclerotinia* (Fuckel, 1870) і перейменовано в *Sclerotinia libertiana* Fuckel на честь Ліберта (Purdy, 1979) з *Peziza sclerotiorum* Lib. і *S. sclerotii* Fuckel наведені як синоніми (Wakefield, 1924). Мікологи та фітопатологи прийняли та використовували *S. libertiana* Fuckel, поки Wakefield (1924) не доказав, що це суперечить Міжнародному кодексу ботанічної номенклатури, оскільки вид, який переноситься з одного роду до іншого, повинен зберігати оригінальну специфічну назву, якщо тільки отримана комбінація не є вже зайнята. У цьому випадку *Sclerotinia sclerotiorum* ще не було взято. Однак Wakefield (1924) неправильно повідомив, що комбінацію *S. sclerotiorum* вперше використав G.E. Массі в 1895 році, в результаті чого цитується *S. sclerotiorum* (Lib.) Masee. Purdy (1979) помітив, що de Vary використав цю назву в 1884 році, і тому власна назва та авторитет для гриба повинні бути *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Vary. На додаток до плутанини щодо правильної назви гриба, існувала також невизначеність щодо правильного типу зразка (Korf and Dumont, 1972). Щоб вирішити цю проблему, типовий вид для роду, *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de

Vary, був запропонований для збереження в 1976 році Бухвальдом і Ніргаардом (Kohn, 1979) і прийнятий як збережена назва в 1981 році [15].

1.3.2. Поширення та шкідливість білої гнилі соняшнику

Рід *Sclerotinia* є важливими патогенами широкого спектру культурних рослин, а також багатьох дикорослих хазяїв. З них *S. sclerotiorum* є, мабуть, найбільш вивченим, оскільки він поширений по всьому світу і має широкий спектр хазяїв, що включає понад 400 рослин, у тому числі багато важливих дводольних культур і диких видів [17].

Деякі з основних культур, що уражуються, включають ріпак, сою, соняшник, салат, моркву, картоплю, квасолю та горох. Зараження більшості рослин-господарів відбувається аскоспорами, що вивільняються з апотеціїв, які утворюються внаслідок карпогенного проростання ґрунтових склероціїв, хоча іноді може відбуватися пряме інфікування шляхом міцеліогенного проростання [17].

Зараження рослин грибом *S. sclerotiorum* значною мірою зумовлене змінними навколишнього середовища, які впливають на виживання склероціїв та продукування аскоспор. Запобігання утворенню, виживанню або проростанню склероціїв є основною стратегією боротьби з хворобою [26].

Склероції мають два механізми проростання, які ініціюють процеси інфікування рослин: карпогенне проростання і міцеліогенне проростання. Ці процеси дозволяють патогену діяти як повітряний та ґрунтовий патоген, відповідно [26].

Карпогенне проростання склероціїв призводить до ініціації проростків з подальшим формуванням апотеціїв, відповідальної за вивільнення аскоспор. В результаті утворюється повітряний посівний матеріал, що сприяє поширенню та інфікуванню надземних тканин рослин-господарів. Вважається, що примусове вивільнення аскоспор відбувається в результаті напруги вологи та коливань відносної вологості повітря, що дозволяє аскоспорам долати відстані від 10 мм

до понад 100 м. Таким чином, аскоспори знаходяться не лише на полі, де вирощується або заражається культура-господар [26].

Для активації склероціїв, що перебувають у стані спокою, необхідна попередня підготовка склероціїв для карпогенного проростання. Тривалість оптимальних умов і різноманітність факторів, що впливають на попередню обробку, призвели до того, що вимоги до попередньої обробки ґрунтуються на загальних припущеннях. Наприклад, вважається, що попереднє кондиціонування склероціїв зазвичай відбувається взимку або в міжсезонний період. У більшості випадків заморожування не є обов'язковим, хоча температури від 4 °С до 20 °С є достатніми для запуску карпогенного проростання [26].

Взаємодія між відносною вологістю і температурою повітря має вирішальне значення для формування апотеціїв, тоді як температура і вологість ґрунту впливають на реакцію склеротичного проростання. Атмосферні температури в діапазоні від 5 °С до 25 °С з високою відносною вологістю протягом приблизно 10 днів сприяють розвитку апотеціїв. Коли відносна вологість повітря є оптимальною, а температура повітря становить >30 °С або <5 °С, було зафіксовано збільшення часу інкубації та зниження швидкості карпогенного проростання, незважаючи на оптимальну відносну вологість. Температура ґрунту <10 °С та >35 °С значно знижує виживання склероціїв та карпогенне проростання. Вологість ґрунту >30% є сприятливою для формування апотеції. Склероції у верхніх 20-30 мм ґрунтового профілю вважаються епідеміологічно здоровими; грибниці на глибині >30 мм рідкісні в природних умовах, а грибниці глибше 30 мм не можуть досягти сонячного світла, необхідного для розвитку апотеціїв. Вологість ґрунту у верхніх 30 мм сильно варіює залежно від погодних умов на поверхні, зокрема температури повітря, відносної вологості і вітру, а також від стадії росту культури. Останнє пов'язане зі щільністю рослинного покриву – щільніший покрив збільшує відносну вологість повітря і, відповідно, вологість ґрунту у верхніх 30 мм [26].

Загальний час, необхідний для формування плодових тіл до початкового розсіювання аскоспор, становить приблизно 1-3 тижнів. Після вивільнення

аскоспори життєздатні приблизно 17 годин, але за відсутності сприятливих умов інфікування тканин хазяїна не відбудеться. Більші склероції утворюють більшу кількість апотеціїв і, таким чином, більшу кількість аскоспор. Біла гниль соняшнику спричиняється карпогенним проростанням [26].

Міцеліогенне проростання формує гіфи та міцелій зі склероціїв і відповідає за пряме підземне зараження рослин-господарів, що призводить до прикореневих стеблових гнилей. Максимальна відстань між склероціями і рослиною-хазяїном для зараження становить 20 мм. Колонізація органічної речовини як джерела енергії для формування міцелію і подальшого зараження вважається тригером проростання [26].

S. sclerotiorum регулює міцеліогенне проростання через меланізацію склероціїв. Неповністю меланізовані склероції схильні до зниження виживання в результаті підвищеної мікробної деградації, чутливості до несприятливих умов і відсутності стану спокою. Міцеліогенне проростання відбувається за умови щонайменше 12 годин помірних температур (20-25 °C) з високою відносною вологістю повітря (>80 %). Однак відомо, що висихання склероціїв до підвищення вологості ґрунту викликає проростання. Коливання вологості ґрунту між 30% і 100% польової вологоємності сприяє міцеліогенному проростанню та інфікуванню хазяїна. Міцеліогенне проростання відіграє важливу роль у циклі розвитку білої гнилі соняшнику [26].

Зараження аскоспорами найчастіше відбувається після початку цвітіння, оскільки пелюстки є екзогенним джерелом поживних речовин і шляхом поширення інфекції. Однак інфікування може відбуватися і до цвітіння на механічно пошкоджених або некротичних тканинах. Для інфікування аскоспорами потрібно приблизно 48-72 годин безперервного зволоження листа, відносною вологості повітря >85% і температури 20-25 °C. Однак інфікування аскоспорами і подальший розвиток хвороби були зареєстровані при відносній вологості повітря 25% і вологості ґрунту 30%. Міцелій більш стійкий до висихання, ніж аскоспори, і, отже, більш толерантний до нижчих значень відносною вологості. Після ініціювання інфекції *S. sclerotiorum* має здатність

залишатися неактивним (латентним) у тканинах господаря за відсутності вільної вологи, що призводить до затримки або призупинення розвитку ураження до відновлення сприятливого рівня вологи [26].

Очевидно, що виживання, утворення інокуляту та інфікування рослин *S. sclerotiorum* пов'язане з численними стимулами та реакціями патогена на погодні умови, агротехнічні заходи та стадії росту рослини-хазяїна під час критичних фаз виживання та росту патогена [26].

Поширення хвороби може відбуватися разом з партіями насіння із домішками склероціїв та з насінням, інфікованим міцелієм. Експериментальні дослідження підтверджують, що насінини з внутрішньою інфекцією гриба під час проростання в ґрунті здатні продукувати нові склероції та сприяти розповсюдженню збудника хвороби [11].

При інфікуванні рослин на ранній стадії розвитку, втрати врожаю можуть становити до 100% [12].

На якість насіння впливає стеблова форма білої гнилі соняшнику. Негативний вплив інфікування стебел соняшнику білою гниллю суттєво відображався на масі насіння, отриманого з рослини, яка зменшувалася залежно від ступеня ураження на 13,9-121,7 г порівняно з масою насіння з неуразених рослин. Енергія проростання знижувалася на 2,6% за слабого ураження та на 55,5% за дуже сильного розвитку хвороби [11].

Доведено, що гриб *S. sclerotiorum* при інфікуванні соняшнику негативно впливає на біометричні параметри рослини. Шкідливість патогену може проявлятися зменшенням діаметру кошику з 18,1 см до 6,0 см. Також знижується лабораторна схожість насіння до 36,2% за сильного рівня розвитку хвороби [12].

1.3.3. Проявлення білої гнилі соняшнику

З тильної сторони кошика зазвичай утворюються «вологі» ураження, які швидко розширюються. На стеблах початковою ознакою є поява водянистих уражень стебла. Ураження зазвичай перетворюються на некротичні тканини, на

яких згодом з'являються плями пухнастого білого міцелію (рис. 1.2), що є найбільш очевидною ознакою зараження рослин грибом *S. sclerotiorum* [15].



Рис. 1.2. Симптоми проявлення стеблової форми білої гнилі соняшнику (фото Mathew F.)

1.4. Біологічні особливості збудника хвороби

1.4.1. Систематичне положення патогену та спеціалізація

На сьогодні відомо понад 100 тисяч видів грибів, які впорядковані в систему, створену на основі морфологічних, біологічних, фізіолого-біохімічних та цитологічних характеристик. Сучасна класифікація грибів дозволяє опановувати наукові досягнення світової фітопатології та мікології. Однак систематика будь-яких організмів – це не статична схема, що просто розподіляє об'єкти за групами, а динамічна наука, яка постійно збагачується новими даними і прагне розкрити філогенетичні зв'язки між організмами та шляхи їх еволюції [3].

Збудник хвороби білої гнилі соняшнику, гриб – *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Vary відноситься до царства Fungi, класу Ascomycetes, порядку Helotiales, родини Sclerotiniaceae [3].

Гриби об'єднують у царство Fungi (латинська назва) або Mucetes (грецька назва). Існує велика кількість сапробних (вільноживучих) грибів, які населяють

широкий спектр середовищ. Також майже всі гриби мають спорношення менше 1 мм (насправді, майже всі спори на два порядки менші за цю межу), і багато з них мають структури, пристосовані до широкого розповсюдження цих спорношень.

Традиційно мікологи використовують MSR та BSR для визначення таксономії грибів [3].

Види грибів розпізнають за фенотипом (MSR) та репродуктивною ізоляцією (BSR). MSR є основним засобом розпізнавання видів грибів, оскільки кожен правильно названий гриб супроводжується морфологічним описом. Морфологічні ознаки доповнюються іншими фенотипічними ознаками для грибів простої морфології (наприклад, використання субстрату у дріжджів) або для тих таксонів, які мають промислове значення (наприклад, наявність води в субстраті і температура росту у *Penicillium*). Репродуктивна ізоляція є основою BSR, яка оцінюється за допомогою тестів на злиття спор і застосовується для грибів, які можуть бути індуковані до спарювання при культивуванні. Однак BSR не набув широкого застосування, оскільки менше 15% грибів можна культивувати, і багато з них не можуть бути індуковані до спарювання [20].

Аскоміцети, або сумчасті гриби (*Ascomycetes*) характеризуються наявністю статевого розмноження, за рахунок сумок (асок) та внутрішнім вмістом – сумкоспор (аскоспор). Зазвичай в цих грибів формується фіксована кількість ендогенних спор (близько 8).

Мицелій багатоклітинний з декількома ядрами, але існують окремі види з одноядерними або двоядерними клітинами мицелію.

Безстатеве розмноження здійснюється переважно конідіями з конідієносцями. Гриби цього класу мають декілька видів конідіального спорношення, зокрема:

- поодинокі, розгалужені;
- поодинокі, нерозгалужені;
- коремії;
- пікніди;

- ложа;
- спородохії.

Статеві органи аскоміцетів включають жіночу клітину – архікарп, і чоловічу – антеридій, які можуть розвиватися на одному міцелії (гомоталізм) або на різних (гетероталізм) [3].

Серед апотеціальних аскоміцетів з асками Helotiales є однією з найрізноманітніших груп. Відомо, що вона включає близько 3000-4000 таксонів (Kirk, Cannon, Minter, & Stalpers, 2008; Baral, 2016). Більшість представників Helotiales мають дрібні апотеції, зазвичай менше 2 мм в діаметрі. Вони можуть бути сидячими або прикріпленими, від темного до яскравого забарвлення, поверхневими або такими, що проростають крізь рослину-хазяїна. Загальна форма апотеціїв - чашоподібно-дископодібна, або лійкоподібна (Korf, 1973). Відомо, що більшість з них є сапрофітами, живуть на опалому листі та гниючій деревині, але деякі паразитують на патогенних або симбіотичних організмах інших організмів. Багато представників відносно легко ізолювати, але індукувати утворення апотеціїв *in vitro* нелегко (Müller & Loeffler, 1976). Хоча це трапляється нечасто, деякі представники здатні до безстатевого стану, але багато з них залишаються неасоційованими з цим станом. Незважаючи на таке біологічне розмаїття, таксономія та екологічні дослідження є недостатніми [21].

Родина Sclerotiniaceae включає патогенні або сапробні гриби на різних частинах рослин, які утворюють склероції та продукують стеблові апотеції, розташовані в колонізованій тканині рослини-господаря. Склероції є органом запасання поживних речовин і зазвичай диференційований на дві частини: шкірку (кору) з темних товстостінних клітин і серцевину з гіалінових клітин. Апотеції чорні, чашоподібні, містять гіменіальний шар з рядами аскоспор і парафізів. Аскоспори великі або малі, еліпсоїдні, зазвичай асептичні, гіалінові або блідо-коричневі, часто поздовжньо-симетричні. Найважливіші фітопатогенні види з родини Sclerotiniaceae входять до таких родів *Botrytis*, *Dumontinia*, *Monilinia*, *Sclerotinia* та інші [25].

Під *Sclerotinia* є типовим родом родини Sclerotiniaceae і включає широко розповсюджені та важливі фітопатогенні види, такі як *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary, *Sclerotinia minor* Jagger та *Sclerotinia trifoliorum* Erikss. Види *Sclerotinia* легко утворюють склероції на зараженому рослинному матеріалі та в культурі. Різноманітні морфологічні та молекулярні ознаки дозволяють диференціювати три рослинні патогенні види *Sclerotinia*: *S. sclerotiorum*, *S. minor* та *S. trifoliorum* [25].

Космополітичний некротрофний гриб *S. sclerotiorum* є одним з найнебезпечніших збудників хвороб рослин [10], який вражає понад 400 видів по всьому світу, що призводить до значних економічних втрат широкого спектру культур, включаючи квасолю, соняшник, моркву, салат, ріпак та картоплю. У квасолі (як суха, так і зелена квасоля) патоген викликає хворобу білої гнилі, що призводить до втрат до 100% за сприятливих умов, причому гриб вражає стебла, листя, квітучі органи, стручки та насіння на кожній стадії розвитку культури. У моркві *S. sclerotiorum* був виявлений у понад 20 країнах-виробниках моркви і вражає як листя, так і коріння, спричиняючи значне відмирання коренеплодів і подальшу їх гніль [29].

1.4.2. Стадії спороношення гриба *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary

Протягом життєвого циклу гриб *S. sclerotiorum* утворює структури склероціїв, які можуть проростати або міцеліально за наявності поживних речовин, або карпогенно після кондиціонування навколишнього середовища. З апотеціїв (рис. 1.3), які розвиваються в результаті карпогенного проростання склероціїв вивільняються аскоспори, які переносяться вітровими течіями і потрапляють на сусідні сприйнятливі рослини-хазяїни. Аскоспори потребують води для проростання та поживних речовин для зараження здорової тканини рослини. Відомо, що склероції виживають у ґрунті до 8 років [18].



Рис. 1.3. Морфологічні особливості апотеціїв гриба *S. sclerotiorum* [30]

Фактори навколишнього середовища, що регулюють проростання склероціїв і розвиток апотеціїв включають температуру ґрунту, вологість ґрунту та світло. Аскоспори потребують вологи для проростання та інфікування, а старіючі тканини, як правило, слугують джерелом поживних речовин для подальшого розвитку хвороби [16].

Мінімальними умовами для проростання склероціїв є кілька днів безперервних опадів, температура ґрунту 14-15°C та вологості ґрунту від 50%. Вищий рівень вологості ґрунту призводить до швидкого проростання склероціїв. Склероції демонструють швидшу реакцію на початкове проростання при вологості ґрунту 75% і 95% [16].

Також зафіксовано, що тип світла суттєво впливає на формування апотеціїв. В обробках, апотеції, що піддавалися лише впливу білого світла, проростання не спостерігалось. Зокрема, під час обробки комбінованим освітленням (білим та ультрафіолетовим) спостерігалось утворення апотеціїв, розвиток яких почав збільшуватися з часом [30].

Також збудник захворювання формує мікроконідії (рис. 1.4), які в цілому наявні у багатьох аскоміцетів. Особливістю мікроконідій є те, що утворення даного спороношення відбувається тільки за культивування ізолятів, які були несумісними. Даний тип безстатевих спор формувався в зоні взаємодії міцелію несумісних ізолятів незалежно від рослини-живителя, з якої вони вилученні [9].

Морфологія мікроконідій характеризується поодинокими крапкоподібними, або скупченими, світлими, слизистими утвореннями, які

розміщуються серед вегетативних гіф міцелію гриба. Мікроконідії утворюються двома способами. На довгих (100–250 мкм), поодиноких, септованих конідієносцях, або коротких конідієносцях, групами, розташованих на гіфах (товщиною 8–12 мкм). В обох випадках також формуються конідієгенні клітини – пляшкоподібні фіаліди, товщиною 6–8 мкм та довжиною 15–25 мкм, на верхівках яких розміщуються мікроконідії у вигляді ланцюжків. Мікроконідії мають кулясту форму, розміром 4–5 мкм, з чітко вираженою оболонкою, гіалінові, з вкрапленням у центрі [9].

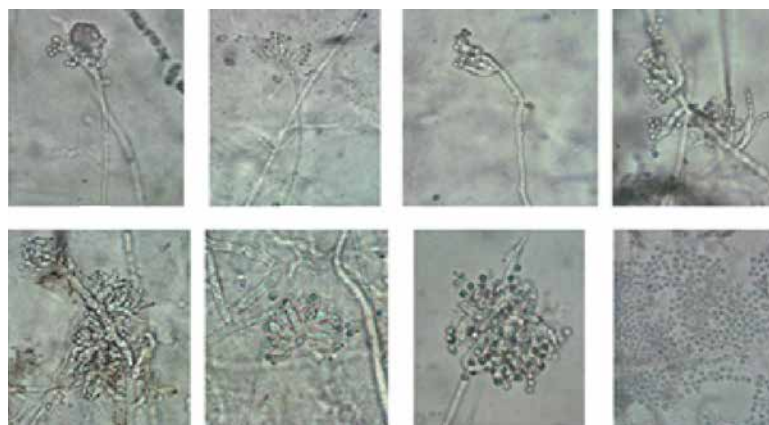


Рис. 1.4. Морфологія мікроконідій гриба *S. sclerotiorum*
(фото Піковського М. Й.)

1.4.3. Джерела інфекції

Джерелом інфекції слугують склероції гриба в ґрунті або на уражених рослинних рештках. Склероції здатні до проростання з глибини від 5,0 до 7,5 см [7].

Склероції можуть виживати в ґрунті від 3 до 10 років. Однак їхнє виживання залежить від багатьох факторів, включаючи вид *Sclerotinia*, розмір і форму склероціїв, тип і хімічний склад ґрунту, популяції ґрунтових мікроорганізмів, які можуть руйнувати склероції, попередні культури та кліматичні умови [26].

Вторинне джерело інфекції – заражене насіння, в якому зберігається грибниця патогена [13].

1.4.4. Прогнозування білої гнилі соняшнику

Прогноз поширення і розвитку захворювань є важливою частиною інтегрованого захисту рослин. Без прогнозування стає неможливим контроль фітосанітарної ситуації на посівах сільськогосподарських культур, а також своєчасне й ефективне застосування засобів захисту [13].

Метою прогнозу є запобігання раптовим спалахам та епіфітотіям хвороб, що призводять до значних витрат матеріальних ресурсів і трудових зусиль для захисту культур. Важливим аспектом також є науково обгрунтоване рішення про відмову від застосування захисних засобів у періоди, коли хвороба перебуває у стадії депресії [13].

Сучасні методи прогнозування розвитку білої гнилі соняшнику є неточними. Першими системами, розробленими з цією метою, були контрольні списки оцінки ризиків та моделі прогнозування на основі погодних умов. Хоча контрольні списки є простими і пристосованими до конкретних умов, вони вимагають багато часу, є трудомісткими і не включають жодних вимірювань повітряно-крапельного переносу збудника. З іншого боку, метеорологічні системи не мають польової специфіки і базуються виключно на погодних параметрах. Вимірювання рівнів повітряно-крапельного переносу є критичним фактором, що впливає на точність систем прогнозування білої гнилі соняшнику, оскільки вказує на кількість патогену, доступну для його розвитку. Іншою популярною стратегією оцінки ризику білої гнилі соняшнику є вимірювання зараженості пелюсток. Ідентифікація спор у пелюстках рослин за допомогою агарового тесту є найпоширенішим підходом. Відсоток заражених пелюсток потім співвідноситься з ризиком розвитку хвороби. Основним обмеженням цього методу є затримка часу інкубації, яка може бути значною і особливо шкідливою, коли погодні умови сприятливі для розвитку білої гнилі соняшнику. Молекулярні методи діагностики, такі як полімеразна ланцюгова реакція (ПЛР), також можуть бути використані для вимірювання повітряно-крапельної інфекції

шляхом аналізу пелюсток рослин, зібраних з поля, або зразків, отриманих шляхом відбору проб повітря за допомогою комерційно доступних споропасток, які встановлюються в полі [19].

Дослідники Duarte, Menze, Shoute та інші, вважають ці методи малоефективними, тому науковці створили пристрій на основі нано- і мікропроцесорах для ефективного вимірювання аскоспор гриба *S. sclerotiorum* в межах повітряно-крапельного шляху [19].

В дослідженні науковці описують мікрофлюїдний пристрій на основі масиву лунок з наноелектродами для захоплення та кількісного визначення спор. Ці пристрої зазвичай складаються з декількох сотень або тисяч мікролунок, а клітини зазвичай виявляють і аналізують за допомогою візуалізації та мікроскопії. Одним із поширених підходів є захоплення частинок або клітин у мікролунки за допомогою сили тяжіння [19].

Науковцями був розроблений недорогий і портативний мікрофлюїдний пристрій (рис. 1.5) із загальною кількістю 190 мікролунок, які були виготовлені на поверхні нанотонких алюмінієвих електродів. Ці електроди були використані для захоплення спор за допомогою діелектрофорезу і подальшого детектування на чипі за допомогою спектроскопії. Рівень захоплення спор пристроєм становить понад 90%. Також було продемонстровано кількісне визначення окремих спор, завдяки конструкції платформи, яка дозволяє працювати з кожною колонкою в масиві мікролунок індивідуально. Представлений пристрій забезпечує унікальний підхід для захоплення і кількісного визначення повітряно-крапельного інокуляту *S. sclerotiorum* і є рішенням, що має цінність для сільськогосподарського сектору [19].

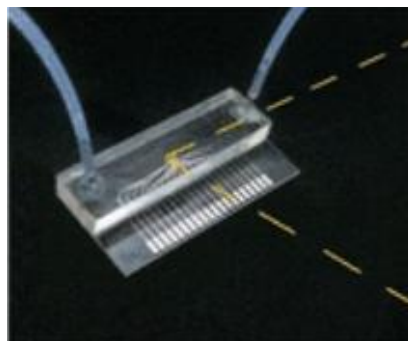


Рис. 1.5. Мікрофлюїдний пристрій для прогнозування хвороби білої гнилі соняшнику [19]

1.5. Система заходів захисту від білої гнилі соняшнику

1.5.1. Селекційно-насіннєві заходи захисту

Найбільш ефективним заходом для контролю хвороб сільськогосподарських культур є селекція стійких сортів і гібридів [13].

В Україні наукові дослідження з селекції соняшнику проводяться чотирма інститутами Національної академії аграрних наук. Щороку в чотирьох різних ґрунтово-кліматичних регіонах країни аналізують близько 400 гібридних комбінацій соняшнику. Різноманітність умов дозволяє комплексно оцінити стійкість гібридів до патогенів, що підвищує їх конкурентоспроможність на світовому ринку [6].

Під час фітопатологічних досліджень на штучно створених інфекційних фонах було виявлено гібриди з груповою резистентністю до ключових захворювань. Наприклад, гібриди Борей та Номінал демонструють стійкість до фомопсису та прикореневої форми білої гнилі, тоді як Тайм і Ратибор ефективно протистоять збудникам фомопсису, сірій та білій гнилі (рис. 1.6) [6].

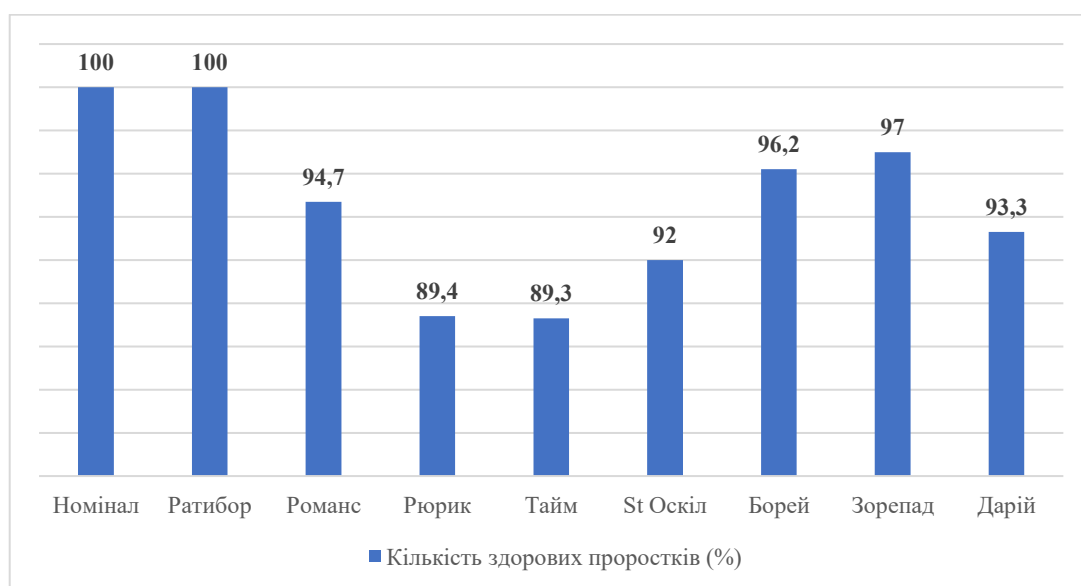


Рис. 1.6. Характеристика гібридів соняшнику селекції Інституту рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН за стійкістю до білої гнилі

Паралельно в умовах штучного інфікування ці зразки підтвердили високу резистентність до білої гнилі та фомопсису, що свідчить про перспективність їх використання в агрокомплексі [6].

1.5.2. Агротехнічні заходи захисту

Агротехнічний метод характеризується використанням сільськогосподарської техніки для контролю поширення та розвитку хвороб рослин. Цей метод включає в себе сівозміну, зменшення густоти стояння рослин, а також заходи, спрямовані на зменшення продукування та вивільнення аскоспор. Також необхідно проводити ефективний контроль бур'янів (як рослин-резерваторів більшості хвороб) та ретельний відбір культур для сівозміни, оскільки повторне вирощування сприйнятливих культур збільшує кількість склероцій у кожній наступній культурі. Зернові культури (кукурудза, пшениця, ячмінь, овес, сорго) не сприйнятливі до зараження збудником захворювання і тому є придатними культурами для сівозміни, але для зменшення кількості склероціїв у ґрунті може знадобитися перерва у 2-3 роки (Peltier et al., 2012). Для підвищення ефективності, сівозміна повинна впроваджуватись з просторовою ізоляцією на відстань від інших культур-господарів щонайменше 1 км [24].

Формування ширших міжрядь або нижчих норм висіву, може бути використано для збільшення потоку повітря та зменшення вологості на посівах сільськогосподарських культур. Дослідження на різних культурах показали, що це може зменшити кількість апотеціїв та захворюваність (McDonald et al., 2013). Слід також розглянути можливість зменшення кількості добрив і затримки сівби для управління вегетативним ростом, оскільки надмірне внесення добрив і рання сівба можуть призвести до формування високих, громіздких посівів під час

цвітіння, а за високої кількості опадів - підвищуватимуть ризик виникнення хвороб у посівах [24].

Практика управління стернею для мінімізації перенесення життєздатних склероціїв між сезонами продемонстрували свою ефективність. Вони включають спалювання поживних решток або використання зрошення для прискорення гниття склероціїв. Інші дослідження припускають, що в системах нульового обробітку ґрунту захворюваність може бути нижчою (Kurle та ін., 2001; Simpfendorfer та ін., 2004), але ці результати є суперечливими (Peltier та ін., 2012). Припускають, що склероції можуть швидше деградувати в системах по-till, оскільки вони не заглиблюються і більш схильні до нападу хижаків, висихання або впливу ультрафіолету у верхніх шарах ґрунту (Peltier et al., 2012). Також не рекомендується зберігати насіння з інфікованих культур для пересіву, оскільки це також збільшує ризик поширення інфекції на потенційно раніше чисті ділянки [24].

1.5.3. Хімічні заходи захисту

Хімічний метод захисту рослин характеризується використанням фунгіцидів для запобігання поширення та інтенсивності розвитку хвороби.

Для формування високих показників врожайності доцільно застосовувати якісний насінневий матеріал соняшнику, який не містить склероціїв. З метою мінімізації інфікування посівів на ранніх етапах вегетації ефективним хімічним заходом є попереднє протруєння насіння фунгіцидними засобами: Апрон XL 350 ES, т. к. с. (д/р металаксил-М, 350 г/л), 3 л/т; Максим XL 035 FS, т.к.с. (д/р флудіоксоніл, 25 г/л + металаксил-М, 10 г/л), 6,0 л/т; Металакс, т. к. с. (д/р металаксил-М, 350 г/л), 2-2,5 л/т [4].

Для контролю білої гнилі під час вегетації соняшнику доцільно застосовувати фунгіцидні обробки. Високою ефективністю характеризуються препарати на основі діючої речовини карбендазиму (500 г/л), які також

пригнічують розвиток інших грибних хвороб культури. Термін очікування після обприскування становить 30 діб [4].

Профілактичне використання комбінованих фунгіцидів із діючими речовинами цимоксаніл (250 г/кг) та фамоксадон (250 г/кг) рекомендовано на ранніх етапах розвитку рослин. Перше обприскування проводять у фазі 4–6 листків або при досягненні рослинами висоти 60–80 см, друге - на етапі бутонізації [4].

Проведення десикації соняшнику прискорює процес дозрівання культури та попереджає розвиток білої гнилі (зокрема її кошикової форми). Оптимальним терміном для застосування десикантів є фаза початкового побуріння кошиків. Рекомендовані діючі речовини для десикації: ізопропіламінна сіль гліфосату та дикват [4].

Обов'язковим є дотримання строків останньої обробки (відповідно до вказівок виробника) перед збиранням врожаю. Додатково можна використовувати інші десиканти, які внесено в «Перелік пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні» [4].

Також науковцями Тао Х., Zhao Н., Ху Н. та ін. були проведені дослідження з ефективності різних діючих речовин для контролю білої гнилі.

В дослідженні порівнювали наступні діючі речовини: хінофумелін, карбендазим, димедрол, боскалід [28].

Для оцінки перехресної резистентності діючі речовини були протестовані на ізолятах *S. sclerotiorum* з різними фенотипами резистентності до фунгіцидів. Результати показали, що всі протестовані ізоляти, стійкі до карбендазиму, диметаліну та боскаліду, були чутливими до хінофумеліну, що свідчить про те, що хінофумелін не має перехресної резистентності з карбендазимом, диметаліном або боскалідом [28].

Ці дані свідчать про те, що хінофумелін має відмінну інгібуючу активність щодо росту міцелію *S. sclerotiorum* і має потенціал для контролю білої гнилі в польових умовах. Таким чином, хінофумелін може застосовуватися для фунгіцидних обробок, за рахунок відсутності резистентності [28].

Також високі фунгіцидні властивості мають такі діючі речовини, як піризоксазол, флудиоксоніл, флуазинам та підифлуметофен [28].

1.5.4. Біологічні заходи захисту

Біологічний метод захисту рослин – це використання живих організмів чи продуктів їх життєдіяльності для зниження чисельності та обмеження розмноження шкідливих організмів, створення сприятливих умов для діяльності корисних видів у агроценозах [13].

На активність агентів біоконтролю в ґрунті впливає багато абіотичних і біотичних факторів навколишнього середовища, наприклад, температура, водний потенціал, рН, пестициди, органічні речовини, ґрунтові мікроорганізми, види рослин тощо, що робить ці агенти, як правило, менш ефективними, ніж синтетичні пестициди. Однак, зважаючи на менш шкідливий вплив на навколишнє середовище та відсутність ефективних хімічних методів, ведеться пошук безпечніших біологічних методів [27].

В рамках біологічного контролю гриба *S. sclerotiorum* використовують антагоністичні мікроорганізми грибного та бактеріального походження [27].

Антагоністичні мікроорганізми грибного походження. Склероції *S. sclerotiorum* є найважливішими структурами виживання патогена в ґрунті. Тому значний інтерес був зосереджений на відборі мікроорганізмів, які можуть нейтралізувати ці структури в ґрунті (Jones and Watson, 1969). Багато грибів виявили мікопаразитичну активність по відношенню до *S. sclerotiorum*. Особливо інтенсивні дослідження були проведені з паразитичним грибом *Coniothyrium minitans* (Huang and Hoes 1976; Turner and Tribe 1976; McQuilken et al. 1995; Zeng et al. 2012b). Contans® WG, комерційний препарат на базі гриба *C. minitans* (штам CON/M/91-08), відомий своєю здатністю зменшувати шкоду, завдану *S. sclerotiorum* кільком культурам, шляхом інфікування та деградації склероціїв у ґрунті (McQuilken and Chalton 2009). Цільовими рослинами для

обробки *C. minitans* є такі високоцінні культури, як арахіс, соняшник, салат, огірки, квасоля та ріпак (EFSA, 2016) [27].

C. minitans продукує широкий спектр ферментів, що руйнують клітинну стінку, таких як хітинази та глюканози, а також вторинні метаболіти, такі як макросфелід А, бензофуранони та хромани (Tomprefa et al. 2011), які посилюють колонізацію та деградацію склероцій *S. sclerotiorum*. Також було продемонстровано пряме проникнення *C. minitans* у склероцію, деградацію та дезінтеграцію склеротичних тканин (Tu 1984; Bitsadze et al. 2015). На цю мікопаразитарну активність впливають такі фактори, як температура та рН. Колонізація склероціїв *C. minitans* відбувалася дуже швидко, і половина склероціїв була інфікована протягом першого тижня. Через чотири тижні було колонізовано 100% склероцій (Zeng et al. 2012b). Оптимальними параметрами для росту *C. minitans* були 15-20°C та рН 4,5-5,6 [27].

Гриби роду *Trichoderma* широко використовуються як агенти біологічного контролю (АБК) (Benitez et al. 2004; Harman et al. 2004; Vinale et al. 2008; Druzhinina et al. 2011; Hermosa et al. 2012; Aleandri et al. 2015). Багато експериментів, проведених по всьому світу, продемонстрували паразитизм склероціїв *S. sclerotiorum* та зниження щільності апотеціїв ізолятами *Trichoderma* (Geraldine et al. 2013). Більшість цих експериментів проводили в лабораторних або тепличних умовах (Matroudi et al. 2009; Smolinska et al. 2016). Однак кількість повідомлень, що стосуються антагоністичної активності *Trichoderma* в польових умовах, досить обмежена (Knudsen et al. 1991; Zeng et al. 2012a; Geraldine et al. 2013) [27].

Механізми, що беруть участь у контролі патогенних грибів *Trichoderma*, включають мікопаразитизм (Zeilinger and Omann 2007; Geraldine et al. 2013), антибіоз (Elad 2000; Vinale et al. 2008) та системно індуквану стійкість (Harman et al. 2004; Nawrocka and Małolepsza 2013). Крім того, кілька досліджень показали, що ізоляти *Trichoderma* spp. можуть значно стимулювати ріст різних видів рослин (Vinale et al. 2008; Smolińska et al. 2014). Гриби роду *Trichoderma* характеризуються швидким ростом і рясним продукуванням спор, тому вони є

висококонкурентними порівняно з іншими ґрунтовими мікроорганізмами. Здатність виділяти активні сполуки сильно варіює між видами та ізолятами *Trichoderma*. Механізми, що використовуються *Trichoderma spp.* для біологічного контролю, залежать від виду, патогену та рослини-господаря. У випадку протигрибної активності проти *S. sclerotiorum* важливу роль відіграють мікопаразитарні властивості *Trichoderma*. Серед ферментів *Trichoderma* були ідентифіковані хітинази, глюканази, протеази та целюлази, які руйнують клітинну стінку патогенів (Chet et al. 1998; Kaur et al. 2005; Zeilinger and Omann 2007; Lopez-Mondejar et al. 2011) [27].

Антагоністичні мікроорганізми бактеріального походження. Різні дослідження повідомляють про здатність різних родів бактерій, таких як *Bacillus* і *Pseudomonas*, контролювати грибні захворювання. Дослідження біологічного контролю у фітосфері рослин-господарів за допомогою бактеріальних антагоністів проводилися набагато рідше, ніж за допомогою грибів (Fernando et al. 2007; Saharan and Mehta 2008). Було помічено, що *Pseudomonas chlororaphis* та *Bacillus amyloliquefaciens* значно зменшували розвиток білої гнилі ріпаку, спричиненою грибом *S. sclerotiorum* в польових умовах (Fernando et al. 2007). Відсоток захворюваності на білу гниль після застосування бактерій (9×10^8 КУО мл^{-1}) на стадії 30-50% цвітіння становив 7,5-28,7% для *P. chlororaphis* і 5,0-29,6% для *B. amyloliquefaciens* у двох польових дослідженнях, і значно відрізнявся від контролю, інокульованого патогеном (20,0-75,0%). Застосування *P. chlororaphis* у концентрації 10^4 - 10^8 КУО мл^{-1} пригнічувало проростання аскоспор *S. sclerotiorum* на пелюстках ріпаку. При застосуванні бактерій до або одночасно з *S. sclerotiorum* спостерігалось повне пригнічення хвороби (Savchuk and Fernando, 2004) [27].

Антагоністичні бактерії пригнічують проростання аскоспор або шляхом продукування антимікробних речовин, або шляхом прямого росту на аскоспорах. Fernando та ін. (2007) припустили, що застосування *P. chlororaphis* на рослинах-господарях індукує системну стійкість проти *S. sclerotiorum*. Штами *Pseudomonas spp.* продукують багато антимікробних сполук, зокрема

піолутеорин, піролнітрин, феназини, сидерофори, ціаніди, 2,4-діацетилхлороглюцинол (Comrant et al. 2005), а також ферменти, які можуть лізувати клітини грибів, зокрема целюлозу, хітиназу, протеази та бета-глюканазу (Hernandez-Leon et al. 2015). У більшості випадків *Pseudomonas* демонструє множинні механізми біоконтролю захворювань, спричинених *S. sclerotiorum*. Виробництво антимікробних метаболітів *Pseudomonas spp.* регулюється складною мережею, що включає численні регуляторні елементи (Berry et al. 2014) [27].

РОЗДІЛ 2. УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Характеристика господарства та ґрунтово-кліматичні умови проведення досліджень

Полеві дослідження проводились в умовах Відокремленого підрозділу Національного університету біоресурсів і природокористування України «Агрономічна дослідна станція» (Київська обл.).

В своєму складі господарство має понад 1000 га посівної ріллі. З них 100 га відносяться до науково-дослідних ділянок в складі 6 кафедр НУБіП України, 300 га виділено під тваринництво, близько 1000 га в складі господарства.

Господарство вирощує переважно: соняшник, пшеницю, ячмінь, сою, кукурудзу на силос, кукурудзу на зерно, ріпак.

У господарстві ґрунт лучно-чорноземного типу. Природна рослинність лучно-чорноземних ґрунтів значно відрізняється від інших чорноземів і має лучне походження. Морфологічна структура лучно-чорноземних ґрунтів подібна до автоморфних вилугуваних чорноземів. Однак специфічні гідрологічні умови надають інтенсивного забарвлення верхнім гумусовим горизонтам і сприяють підвищеному вмісту гумусу. Їх зв'язок з ґрунтовими водами або тривалий застій поверхневих вод супроводжується специфічними ознаками - утворенням бурих плям закису заліза та синіх плям оглеєння [22].

Неопрацьований поверхневий шар лучно-чорноземних ґрунтів є пухким через вміст досить великої кількості органічної речовини та високу механічну структуру. Його щільність становить $0,90 \text{ г/см}^3$. Щільність ґрунту зростає в орному горизонті і досягає $1,12 \text{ г/см}^3$, а в підорному горизонті ще більше зростає до $1,30 \text{ г/см}^3$ [22].

При питомій вазі (ПВ) більше $1,60 \text{ г/см}^3$ рослини не можуть розвивати кореневу систему. Питома вага (ПВ) по профілю цих ґрунтів значно змінюється: у верхніх, досить багатих на гумус горизонтах її величина частіше коливається в

межах 2,43-2,53 г/см³, а в нижніх шарах у зв'язку з поступовим зменшенням вмісту органічної речовини і збільшенням кількості сполук заліза значно зростає - 2,70-2,71 г/см³ [22].

Кліматичні умови під час проведення дослідження, а саме: атмосферні опади (рис. 2.1), температура (рис. 2.2) та відносна вологість повітря (рис. 2.3) не були сприйнятливими для поширення та розвитку хвороби.

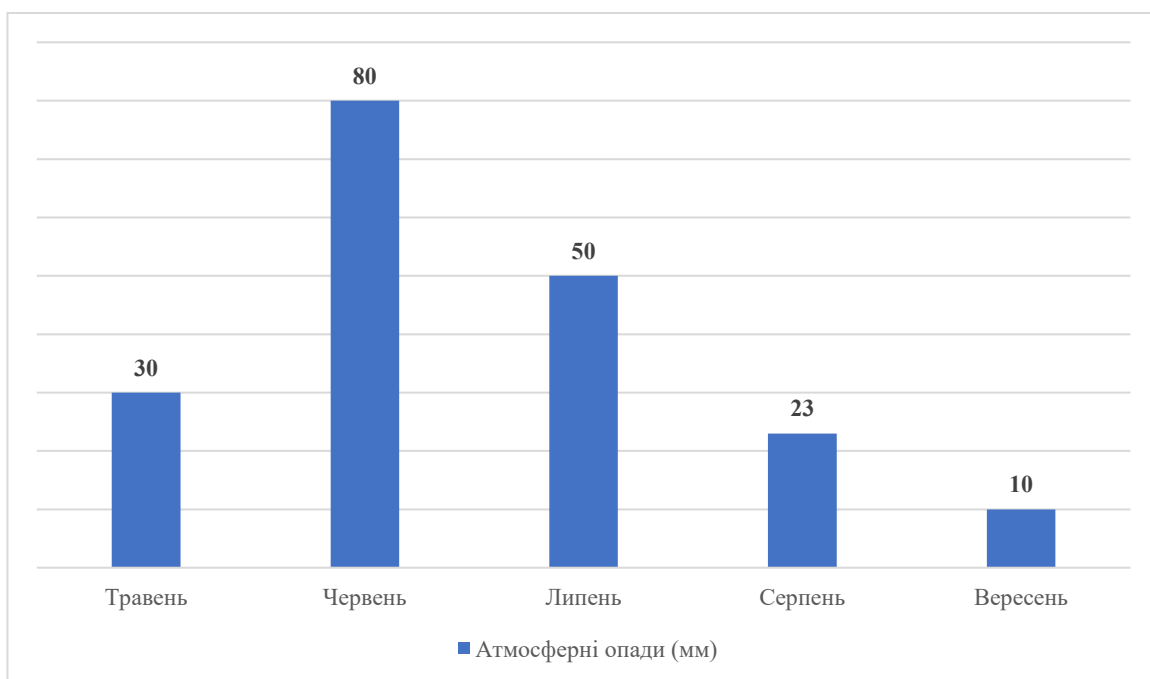


Рис. 2.1. Показники атмосферних опадів в період вегетації соняшнику у 2024 році

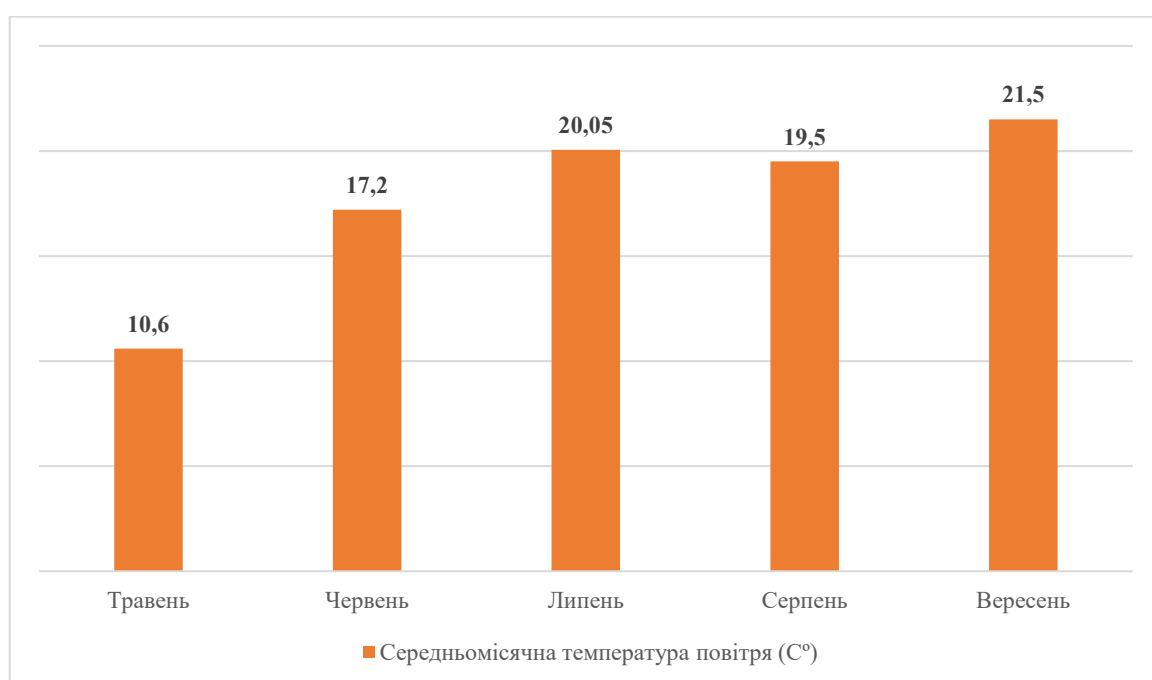


Рис. 2.2. Температурні показники в період вегетації соняшнику у 2024 році

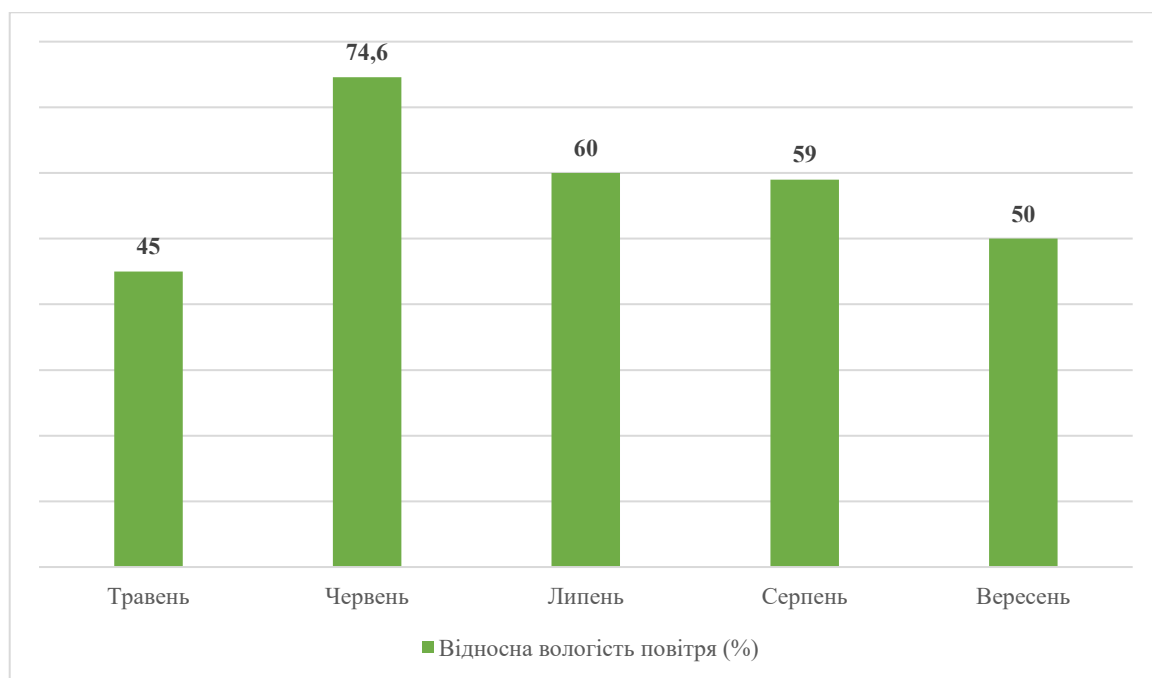


Рис. 2.3. Показники відносної вологості повітря в період вегетації соняшнику у 2024 році

Лабораторні дослідження проводили в умовах проблемної науково-дослідної лабораторії «Мікології і фітопатології».

2.2. Методика проведення досліджень

Дослідження білої гнилі соняшнику та її збудника, зокрема: особливостей проявлення, динаміки розвитку та оцінки ураження гібридів проводилося в умовах Відокремленого підрозділу Національного університету біоресурсів і природокористування України «Агрономічна дослідна станція» в с. Пшеничне, у Білоцерківському районі Київської області.

На посівах соняшнику, включаючи рослини, які уражені білою гниллю проводився візуальний аналіз особливостей проявлення хвороби та оцінка ураження гібридів соняшнику білою гниллю.

Проведення фітопатологічного моніторингу та збір зразків уражених рослин відбувалися на період травень-серпень.

В межах науково-дослідної ділянки в господарстві на посівах соняшнику, були проведені особисті обстеження та обліки поширення і розвитку стеблової форми білої гнилі за 6-бальною шкалою, де уражена площа стебла відповідала балу ураження.

Було відібрано 5 проб по 20 рослин. Кожна з рослин оцінювалась за загальним балом ураження [5]:

0 балів – стебло та листя не уражене;

1 бал – уражено – до 10% листків;

2 бали – уражено – від 10 до 25% листя;

3 бали – уражено – від 26 до 50% поверхні листя і стебел;

4 бали – уражено – понад 50% поверхні листя і стебел;

5 балів – недорозвинені та загиблі рослини.

Результати обліків дають змогу визначити поширення та інтенсивність розвитку хвороби [5].

Кількість уражених рослин чи окремих її органів (стебло, прикоренева частина, кошик) у відсотках від загальної кількості обстежених рослин на площі ділянки визначалося за формулою [5]:

$$P = \frac{n}{N} \cdot 100\%,$$

де, P – поширення хвороби (або розповсюдження хвороби), %;

n – кількість хворих рослин (окремих органів) у пробі;

N – загальна кількість облікованих рослин (окремих органів).

При проведенні фітопатологічної оцінки уражених рослин визначався тип хвороби і ступінь (або інтенсивність) її розвитку. Інтенсивність розвитку хвороби є якісним показником захворювання та характеризує ступінь ураження рослини. Показник встановлювався окомірно по кількості уражених рослин (або її окремих органів) [5].

Інтенсивність розвитку хвороби на певній території, де вирощують соняшник визначається, як середньовиважений показник в балах [5]:

$$Rx = \frac{\sum(a \times b) \times 100}{N \times K}$$

де, Rx – інтенсивність розвитку хвороби;

$\sum(a \times b) \times 100$ - сума добутків числа уражених рослин (а) на відповідний бал ураження (b);

N – сума обстежених рослин (здорових і хворих);

K – найвищий бал шкали обліку.

Для оцінки втрат соняшнику від стеблової форми білої гнилі використовували рівняння [5]:

$$Y_{cc} = -1,67 + 0,89X \pm 0,57$$

де, Y_{cc} – втрати врожаю, %; X – кількість стебел, уражених хворобою, %; \pm – помилка формули.

Для досягнення поставленої мети використовувалися польові та лабораторні методи. В польових умовах у посівах соняшнику обліковували хвороби за симптоматичними ознаками. Лабораторними методами досліджували зразки рослин культивуючи їх на поживному середовищі.

Статистичну обробку даних здійснювали за допомогою комп'ютерної програми Microsoft Office Excel.

РОЗДІЛ 3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

3.1. Особливості проявлення білої гнилі соняшнику

Під час проведення особистих обстежень у Відокремленому підрозділі Національного університету біоресурсів і природокористування України «Агрономічна дослідна станція» були досліджені особливості проявлення білої гнилі на посівах соняшнику. В умовах недостатньої вологості повітря симптоматика захворювання виражалася у всиханні та формуванні некротичних ділянок на тканинах рослин (на стеблі та листях). Спостерігалось характерне знебарвлення вегетативних органів з послідувачим підвищенням їхньої ламкості. (рис. 3.1).



Рис. 3.1. Всихання та утворення некротів на стеблі та листях соняшнику
(фото автора)

Згодом, на поверхні та всередині стебла було виявлено білий ватоподібний міцелій гриба (рис. 3.2, рис. 3.3). У подальшому, всередині інфікованої тканини, в серцевині, утворювалися чорні склероції (рис. 3.4), які слугують джерелом інфекції. Надалі, внутрішній вміст стебла загнивав, формуючи пусті порожнини. Внаслідок цього, стебло під дією маси рослини надламувалося та падало.



Рис. 3.2. Формування міцелію гриба *S. sclerotiorum* на поверхні стебла соняшнику (фото автора)



Рис. 3.3. Білий ватоподібний міцелій гриба *S. sclerotiorum* всередині стебла соняшнику (фото автора)



Рис. 3.4. Утворення чорних склероціїв гриба *S. sclerotiorum* всередині стебла соняшнику (фото автора)

Також склероції патогену можуть формуватися на поверхні стебла (рис. 3.5) та квітучих і насінневих частинах рослини. Наприклад, у кошиках соняшнику велика кількість склероціїв утворюється в квітколожі (рис. 3.6).



Рис. 3.5. Утворення склероціїв гриба *S. sclerotiorum* на поверхні стебла соняшнику (фото автора)

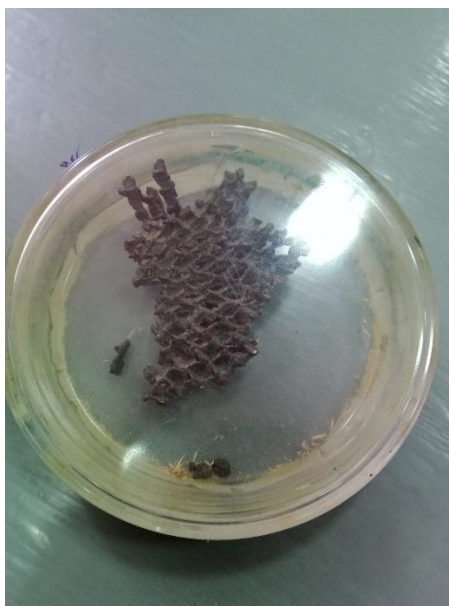


Рис. 3.6. Зразки склероціїв гриба *S. sclerotiorum*, які утворюються в квітучих органах соняшнику (фото автора)

Таким чином, проведені польові обстеження виявили ключові особливості проявлення білої гнилі на посівах соняшнику в умовах дефіциту вологості. Морфологічні зміни у стеблі (пустотність, надламлювання) суттєво знижують механічну міцність рослин і врожайність культури. Внаслідок цього, рослини засихають.

3.2. Динаміка розвитку білої гнилі соняшнику та екологія гриба *S. sclerotiorum*

Під час проведення польових досліджень динаміки поширення та розвитку білої гнилі соняшнику у ВП НУБіП України «Агрономічна дослідна станція» було здійснено фітопатологічний моніторинг, який включав особисті обстеження полів та обліки поширення та розвитку хвороби на посівах середньостиглого гібриду соняшнику НК Конді.

Погодні умови не були сприйнятливі для масового поширення та інтенсивного розвитку склеротиніозу, характеризуючись низькими показниками відносної вологості повітря та атмосферних опадів.

Середні значення відносної вологості повітря зафіксовані: у травні 45 %, червні 74,6 % та липні 60 %. У серпні та вересні 59 % та 50 %, відповідно.

Розподіл атмосферних опадів мав такий вигляд: травень – 30 мм, червень та липень – 80 мм і 50 мм. У серпні та вересні мінімальні опади спостерігалися на рівні 23 мм та 10 мм, відповідно.

Обліки проводились на період травень-вересень. Особисті обстеження посівів соняшнику показали відсутність симптомів білої гнилі з травня по першу декаду липня. Особливості проявлення стеблової форми захворювання зафіксовані лише у другій декаді липня, коли показник поширення хвороби досягав 3,5% при інтенсивності розвитку 2,3% (рис. 3.7, рис. 3.8). У період

липень–серпень спостерігався поступовий ріст обох параметрів, з піковими значеннями поширення до 11,0% та інтенсивності розвитку до 9,4% відповідно.

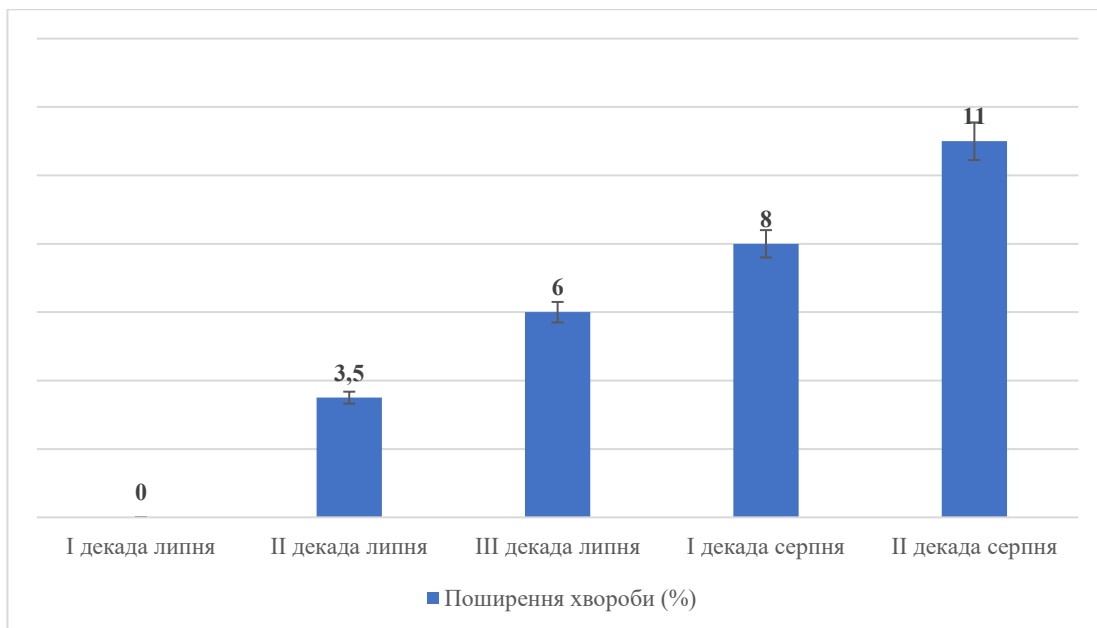


Рис. 3.7. Поширення білої гнилі соняшнику в умовах ВП НУБіП України «Агрономічна дослідна станція», 2024р.

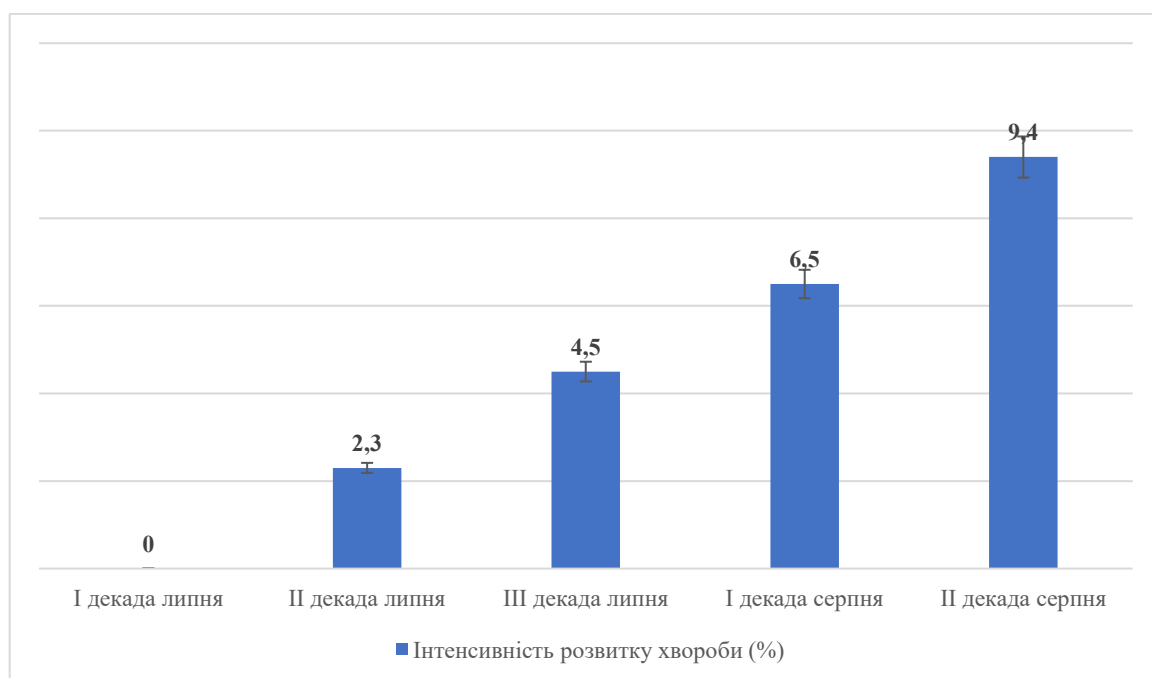


Рис. 3.8. Інтенсивність розвитку білої гнилі соняшнику в умовах ВП НУБіП України «Агрономічна дослідна станція», 2024 р.

Отже, дослідження динаміки поширення та розвитку білої гнилі соняшнику підтвердив, що кліматичні умови не стимулювали активного

поширення та розвитку захворювання. Дефіцит атмосферних опадів у серпні-вересні (23 та 10 мм, відповідно) та зниження показників відносної вологості повітря (до 50%) призвели до пригнічення життєдіяльності патогену. Однак, починаючи з середини липня, фіксувалось поступове підвищення розвитку хвороби, що обумовлювалось сприятливими температурними умовами для розвитку збудника захворювання.

Екологічні властивості гриба, включають в себе показники погодних умов для поширення та розвитку хвороби, зокрема: температури, відносної вологості повітря та атмосферних опадів (табл. 3.1).

Таблиця 3.1

Екологічні властивості гриба *S. sclerotiorum* та умови для розвитку білої гнилі [31, 32, 33]

Оптимальні та кардинальні значення для розвитку гриба та хвороби		
температури, °	вологості повітря, %	атмосферних опадів, мм
20-25	93-100	44,5-69,9

Кліматичні змінні характеризуються показниками атмосферних опадів від 44,5 до 69,9 мм (табл 3.1) та річної кількості опадів з діапазоном від 450 до 2500 мм [32].

Температура від 20 до 25°C сприяє максимальному розвитку склероціїв, тоді як при нижчих або вищих показниках склероціювання значно стримується [31].

Таким чином, отримані дані підтверджують, що розвиток гриба *S. sclerotiorum* та поширення білої гнилі критично залежать від екологічних умов. Оптимальні значення, що забезпечують максимальну активність патогена, включають температуру 20-25°C, відносну вологість повітря 93-100% та атмосферні опади в діапазоні 44,5-69,9 мм. Відхилення від цих показників, особливо зниження вологості або екстремальні температурні коливання, суттєво пригнічують утворення склероціїв і активність патогену.

3.3. Оцінка ураження гібридів соняшнику білою гниллю

Оптимальним, безпечним та ефективним методом контролю хвороб сільськогосподарських культур є селекція генетично стійких сортів і гібридів. Вирощування стійких сортів і гібридів, які характеризуються комплексною резистентністю до патогенів, розглядається як пріоритетний напрям у фітопатології, оскільки поєднує екологічну безпеку та економічну доцільність. На стійких сортах і гібридах, як правило, інкубаційний період значно подовжується, а конідієуворення патогенів суттєво пригнічується або повністю припиняється [13]. Але, гібриди соняшнику, які б мали високий рівень толерантності саме до білої гнилі є відносно рідкими. Гібриди та сорти, які генетично модифіковані можуть стати основним засобом проти хвороб у майбутньому [11].

Тому, з метою визначення стійкості гібридів соняшнику до хвороб в умовах Відокремленого підрозділу Національного університету біоресурсів і природокористування України «Агрономічна дослідна станція» була проведена оцінка ураження гібридів соняшнику білою гниллю.

Дослідження проводилось на посівах лінолевих середньоранніх гібридів соняшнику Суміко НТС, РЖТ Вольф та високоолеїнового середньостиглого гібриду соняшнику НК Ферті.

Оцінка ураження гібридів соняшнику та фітопатологічний моніторинг, який включав в себе обліки інтенсивності розвитку хвороби були проведені на період липень-серпень.

Результати дослідження характеризувались найвищим показником розвитку хвороби з другої декади липня по другу декаду серпня у гібриду соняшнику НК Ферті (рис. 3.9). У гібридів Суміко НТС та РЖТ Вольф, розвиток хвороби був значно менший, імовірно за рахунок проведення сівби в ранній строк та наявності несприятливих погодних умов для поширення та розвитку хвороби.

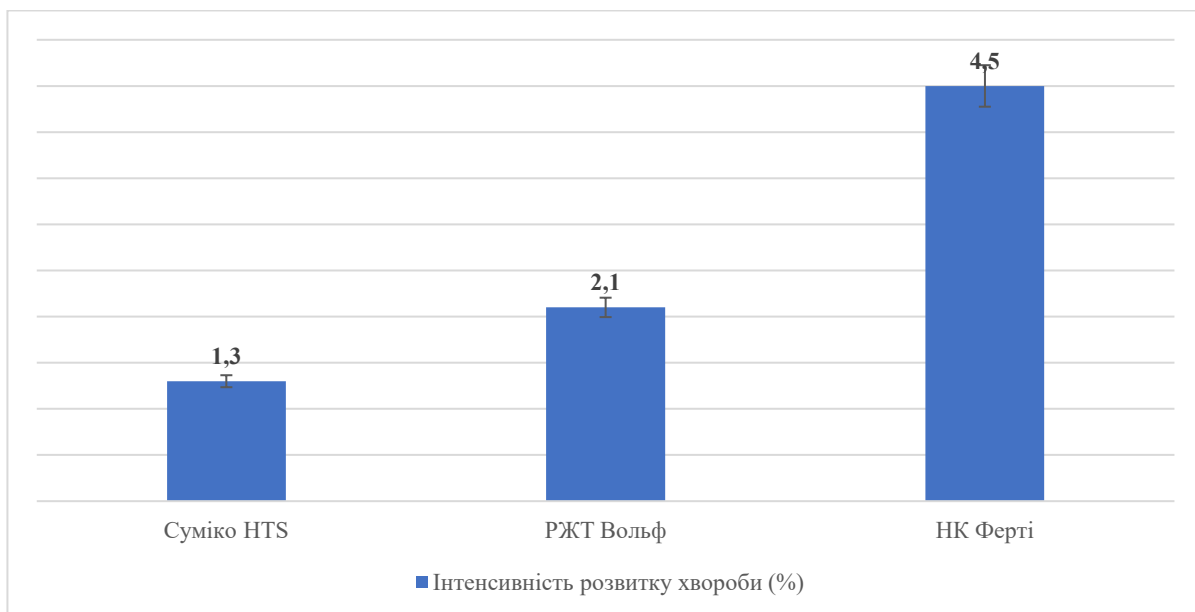


Рис. 3.9. Інтенсивність розвитку білої гнилі соняшнику на різних гібридах в умовах ВП НУБіП України «АДС», 2024р.

Таким чином, результати дослідження підтверджують, що використання стійких гібридів та вирощування їх в оптимальні строки сівби є ефективним методом контролю білої гнилі соняшнику.

Результати проведеної оцінки ураження гібридів соняшнику засвідчили, що відсутність сприятливих кліматичних умов для розвитку хвороби та вирощування стійких середньоранніх гібридів соняшнику значно обмежує активність збудника захворювання. Це підтверджується показниками розвитку хвороби, які становили: для середньостиглого гібриду НК Ферті 4,5%; для середньоранніх гібридів РЖТ Вольф та Суміко HTS – 2,1% та 1,3% відповідно.

ВИСНОВКИ

1. На посівах соняшнику за результатами особистих обстежень були досліджені особливості проявлення стеблової форми білої гнилі. Особливості симптоматики характеризувались утворенням всихання та некротичних ділянок на рослинних тканинах, формуванням білого ватоподібного міцелію, появою склероціїв зовні та всередині стебла.

2. Динаміку розвитку вивчено на середньостиглому гібриді соняшнику НК Конді. Погодні умови не були сприйнятливими для епідемії хвороби. За результатами фітопатологічного моніторингу у період з другої декади липня по другу декаду серпня, встановлено зростання показників поширення та розвитку хвороби з 3,5% до 11% та з 2,3% до 9,4% відповідно. Вивчені екологічні властивості патогену, включаючи кліматичні умови для поширення та розвитку хвороби, зокрема: оптимальна температура повітря становить від 20 до 25°C, відносна вологість повітря 93-100% та показники атмосферних опадів дорівнюють 44,5-69,9 мм.

3. Була проведена оцінка ураження гібридів соняшнику білою гниллю – на середньоранніх гібридах Суміко НТС та РЖТ Вольф та середньостиглого гібриду соняшнику НК Ферті. За результатами обліків зафіксовано показники розвитку хвороби, які становили: для НК Ферті 4,5%; для РЖТ Вольф та Суміко НТС – 2,1% та 1,3% відповідно. Таким чином, результати дослідження підтверджують, що використання та вирощування стійких гібридів є ефективним методом контролю білої гнилі соняшнику.

4. Результати проведених експериментів дають змогу здійснювати подальші дослідження особливостей розвитку білої гнилі соняшнику та екологічних властивостей збудника захворювання – гриба *S. sclerotiorum* для вивчення біологічних та екологічних особливостей патогену, що дасть змогу впроваджувати ефективні заходи захисту для контролю білої гнилі соняшнику.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Андрієнко О.О. Особливості вирощування соняшнику за різних технологій вирощування. *Проблеми конструювання, виробництва та експлуатації сільськогосподарської техніки*: зб. матеріалів доп. учасн. X Міжнар. наук.-практ. конф. Кіровоград : КНТУ, 2015. С. 86.
2. Землеробство : підручник / Гудзь В. П., Примак І. Д., Будьонний Ю. В., Танчик С. П. ; за ред. В. П. Гудзя. Київ, 2010. 464 с.
3. Загальна фітопатологія / Пінчук Н.В. та ін. ; за ред. Н. В. Пінчук. Вінниця, 2018. 272 с.
4. Кирик М., Піковський М. Захист соняшнику від білої та сірої гнилей. *Пропозиція*. 2010 : веб-сайт. URL: <https://propozitsiya.com/articles/tekhnohohiyi-vyroshchuvannya/zakhyst-sonyashnyku-vid-biloyi-ta-siroyi-hnyley> (дата звернення: 17.05.2025).
5. Кирик М.М., Піковський М.Й. Фітопатологічний моніторинг. Методичний посібник із загальної та сільськогосподарської фітопатології для студентів факультету захисту рослин. К.: “ЦП КОМПРИНТ”, 2011. 248 с.
6. Кириченко В.В., Петренкова В.П., Макляк К.М., Боровська І. Ю. Результати селекції соняшнику на стійкість до основних патогенів. *Селекція і насінництво*. 2010. Вип. 98. С. 3-12.
7. Марковська О.Є., Дудченко В.В. Поширення та шкодочинність *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary у посівах сої в умовах рисових зрошувальних систем. *Таврійський науковий вісник*. 2022. № 125. С. 77-83.
8. Паламарчук В. Д., Підлубний В.Ф. Продуктивність гібридів соняшнику залежно від елементів технології вирощування. *Сільське господарство та лісівництво*. 2021. Вип. 3. № 22. С. 29-44.
9. Піковський М. Й. та ін. Особливості формування мікроконідій грибом *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary. *Biological Resources & Nature Management*. 2020. Вип. 12. № 1/2. С. 1-9.

10. Піковський М.Й., Кирик М.М. Біоекологічні особливості фітопатогенних грибів *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary і *Botryotinia fuckeliana* (de Bary) Whetzel: монографія. Київ: ФОП Ямчинський О.В., 2021. 278 с.
11. Піковський М.Й., Кирик М.М., Конуп Л.О. Патологія насіння сільськогосподарських культур: підручник. Київ: Редакційно-видавничий відділ НУБіП України. 2023. 343 с.
12. Різник В.В., Піковський М.Й. Шкідливість стеблової форми білої гнилі соняшнику. *Таврійський науковий вісник*. 2025. № 141. Частина 2. С. 51-56.
13. Фітопатологія / Марков І. Л. та ін. ; за ред. І. Л. Маркова. Київ, 2016. 490с.
14. Шарковська С. В. Теоретичні засади розвитку ринку соняшнику в Україні. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Сер. Економіка, аграрний менеджмент, бізнес*. 2017. Вип. 260. С. 367–374.
15. Bolton M., Thomma B., Nelson B. *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary: biology and molecular traits of a cosmopolitan pathogen. *MOLECULAR PLANT PATHOLOGY*. 2006. Vol. 7, №. 1. P. 1-16.
16. Clarkson J. et al. Ascospore release and survival in *Sclerotinia sclerotiorum*. *Mycological Research*. 2003. Vol. 107. № 2. P. 213-222.
17. Clarkson J. et al. Population Structure of *Sclerotinia subarctica* and *Sclerotinia sclerotiorum* in England, Scotland and Norway. *Frontiers in Microbiology*. 2017. Vol. 8. № 490. P. 1-18.
18. Cohen S. Estimating the Climate Niche of *Sclerotinia sclerotiorum* Using Maximum Entropy Modeling. *Fungi*. 2023. Vol. 9. №. 892. P. 1-15.
19. Duarte P. et al. Highly Efficient Capture and Quantification of the Airborne Fungal Pathogen *Sclerotinia sclerotiorum* Employing a Nanoelectrode-Activated Microwell Array. *ACS Omega*. 2022. Vol. 7. № 1. P. 459–468.

20. Eukaryotic microbes, species recognition and the geographic limits of species: examples from the kingdom Fungi / Taylor J. et al. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*. 2006. Vol. 361. № 1475. P. 1947-1963.

21. Hosoya T. Systematics, ecology, and application of Helotiales: Recent progress and future perspectives for research with special emphasis on activities within Japan. *Mycoscience*. 2021. Vol. 62. № 1. P. 1-9.

22. Kroyan S. et al. Change of water-physical properties of mountainous meadow-chernozem soils of the republic of Armenia under the influence of anthropogenic factor. *Ecological and Biological Well-Being of Flora and Fauna* : materials of the International Scientific Conference. Yerevan. 2023. Vol. 420. P. 7.

23. Kuts T., Makarchuk O. The economic efficiency of sunflower seed production in Ukraine: state and perspectives. *Scientific Papers Series Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development*. Kyiv, 2021. Vol. 21. № 1. P. 449–456.

24. O’Sullivan C., Belt K., Tratcher L. Tackling Control of a Cosmopolitan Phytopathogen: *Sclerotinia*. *Frontiers in Plant Science*. 2021. Vol. 12. P. 18.

25. Parvu M. Parasitic fungi Sclerotiniaceae: morphology and ultrastructure. *Microscopy: advances in scientific research and education*. Badajoz, 2014. P. 530-537.

26. Rothman L., McLaren N. *Sclerotinia sclerotiorum* disease prediction: A review and potential applications in South Africa. *South African Journal of Science*. 2018. Vol. 114. №. 3-4. P. 1-9.

27. Smolinska U., Kowalsa B. Biological control of the soil-borne fungal pathogen *Sclerotinia sclerotiorum* – a review. *Journal of Plant Pathology*. 2018. Vol. 100. P. 1-12.

28. Tao X. et al. Antifungal Activity and Biological Characteristics of the Novel Fungicide Quinofumelin Against *Sclerotinia sclerotiorum*. *Plant Disease*. 2021. Vol. 105. № 9. P. 2567-2574.

29. Taylor A. et al. Inoculum potential of *Sclerotinia sclerotiorum* sclerotia depends on isolate and host plant. *Plant Pathology*. 2018. Vol. 67. № 6. P. 1286-1295.

30. Zamani-Noor N. et al. In-Vivo and In-Vitro Investigation of Germination Rate of Buried Sclerotia, and Variability in Carpogenic Germination Among *Sclerotinia sclerotiorum* Isolates. *Agriculture*. 2024. Vol. 14. № 1939. P. 1-17.

31. Hossain M. et al. *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary: Insights into the Pathogenomic Features of a Global Pathogen. *Cells*. 2023. Vol. 12. № 7. P. 22.

32. Cohen S. Estimating the Climate Niche of *Sclerotinia sclerotiorum* Using Maximum Entropy Modeling. *Journal of Fungi*. 2023. Vol. 9. № 9. P. 15.

33. Huang H., Chang C., Kozub G. Effect of temperature during sclerotial formation, sclerotial dryness, and relative humidity on myceliogenic germination of sclerotia of *Sclerotinia sclerotiorum*. *Canadian Journal of Botany*. 1998. Vol. 76. № 3. P. 494-499.