

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Факультет захисту рослин, біотехнологій та екології

ПОГОДЖЕНО

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

_____ **Юлія КОЛОМІЄЦЬ**

«__» _____ 20__ р.

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

**Завідувач кафедри фітопатології
ім. акад. В.Ф. Пересипкіна**

_____ **Дмитро ГЕНТОШ**

«__» _____ 20__ р.

БАКАЛАВРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: «Стійкість сортів пшениці озимої до збудника бурої іржі»

Спеціальність 202 «Захист і карантин рослин»

Освітньо-професійна програма «Захист і карантин рослин»

Гарант освітньої програми

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

_____ **Мирослав ПІКОВСЬКИЙ**

**Керівник бакалаврської
кваліфікаційної роботи**

**Кандидат біологічних наук, доцент
кафедри фітопатології ім. акад.
В.Ф. Пересипкіна**

_____ **Олена БАШТА**

Виконала

_____ **Аліса АНАНКО**

Київ – 2026

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

**Факультет захисту рослин, біотехнологій та екології
Кафедра фітопатології ім. акад. В.Ф. Пересипкіна
Спеціальність 202 «Захист і карантин рослин»**

ЗАТВЕРДЖУЮ

**Завідувач кафедри
фітопатології ім. акад.
В.Ф. Пересипкіна**

_____ **Дмитро ГЕНТОШ**

«_____» _____ **2026 р.**

ЗАВДАННЯ

ДО ВИКОНАННЯ БАКАЛАВРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

ЗДОБУВАЧУ

Ананко Алісі Сергіївні

1. Тема бакалаврської кваліфікаційної роботи «Стійкість сортів пшениці озимої до збудника бурої іржі»
керівник роботи Башта Олена Валентинівна кандидат біологічних наук, доцент.
2. Строк подання студентом роботи 20 травня 2025 року
3. Вихідні дані до бакалаврської кваліфікаційної роботи: колекція сортів пшениці озимої різного екологічно географічного походження, результати оцінки стійкості до збудника бурої листової іржі на штучному інфекційному фоні, наукова література та методичні рекомендації.
4. Перелік питань, що підлягають дослідженню:
 - 4.1 Перевірка патогенності збудника бурої іржі в лабораторних умовах
 - 4.2 Вивчити стійкість сортів пшениці озимої до бурої листової іржі.
 - 4.3 Оцінити сорти на штучному інфекційному фоні.

Дата видачі завдання «20» лютого 2025 р.

**Керівник бакалаврської
кваліфікаційної роботи**

Олена БАШТА

Завдання взяла до виконання

Аліса АНАНКО

РЕФЕРАТ

Роботу викладено на 53 сторінках, вона містить 3 розділи, 16 рисунків (із них 15—авторські фотографії), 3 таблиці та 24 використаних джерела.

Ключові слова: ОЗИМА ПШЕНИЦЯ, БУРА ІРЖА, СТІЙКІСТЬ СОРТІВ, ШТУЧНИЙ ІНФЕКЦІЙНИЙ ФОН, ЗБУДНИК ХВОРОБИ, СЕЛЕКЦІЯ, ДЖЕРЕЛА СТІЙКОСТІ, СОРТОВИПРОБУВАННЯ, ФОН, ІМУНІТЕТ РОСЛИН.

Мета роботи: вивчити стійкість сортів пшениці озимої різного еколого-географічного походження до збудника бурої іржі на штучному інфекційному фоні.

Об'єктом дослідження були сорти пшениці озимої та збудник бурої іржі.

Предмет дослідження: стійкість сортів пшениці озимої до збудника бурої іржі.

Дослідження стійкості проводили на штучному інфекційному фоні збудника бурої іржі на дослідній ділянці лабораторії імунітету сільськогосподарських рослин до хвороб Інституту захисту рослин НААН (дослідне-виробничий відділ Інституту фізіології рослин і генетики НАН України, Київська обл.). Встановлено, що найвищу стійкість проявили Semnal та Nordika – бали 8 - 7- висока стійкість. Стійкими також були Мелашка, Мальованка, Пирятинка, Ефектна, Херсонська фортеця, Voinic, сорт MV Mente. Отримані результати свідчать про перспективність використання цих сортів як джерел стійкості сортів в селекції пшениці озимої.

Автор висловлює щире подяку к.б.н., с.н.с. Лісовій Галині Михайлівні за надану можливість проведення досліджень на базі Інституту захисту рослин НААН, консультативну допомогу та підтримку під час виконання роботи.

ABSTRACT

The work is presented on 53 pages; it contains 3 chapters, 16 figures (of which 15 are author's photographs), 3 tables, and 24 references.

Keywords: WINTER WHEAT, LEAF RUST, VARIETAL RESISTANCE, ARTIFICIAL INFECTION BACKGROUND, PATHOGEN, BREEDING, SOURCES OF RESISTANCE, VARIETY TESTING, BACKGROUND, PLANT IMMUNITY.

The purpose of the work was to study the resistance of winter wheat varieties of different ecological and geographical origin to the leaf rust pathogen under an artificial infection background.

The objects of the study were winter wheat varieties and the leaf rust pathogen.

The subject of the study: resistance of winter wheat varieties to the leaf rust pathogen.

The resistance study was carried out on an artificial infection background of the leaf rust pathogen at the experimental plot of the Laboratory of Immunity of Agricultural Plants to Diseases of the Institute of Plant Protection of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine (NAAS) (Experimental Production Department of the Institute of Plant Physiology and Genetics of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv Region). It was established that Semnal and Nordika exhibited the highest resistance (scores 8-7, high resistance). Melashka, Maliiovanka, Pyriatynka, Efektna, Khersonska Fortetsia, Voinic, and the variety MV Mente were also resistant. The obtained results indicate the prospects of using these varieties as sources of resistance in winter wheat breeding.

The author expresses sincere gratitude to Halyna Mykhailivna Lisova, Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher, for providing the opportunity to conduct research at the Institute of Plant Protection of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, as well as for consultative assistance and support during the completion of this work.

ЗМІСТ

Вступ.....	7
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ.....	9
1.1. Біологічні особливості озимої пшениці.....	9
1.2. Історія дослідження збудника бурої іржі.....	16
1.3. Стійкість пшениці озимої до збудника бурої іржі.....	20
1.4. Механізми взаємодії між рослиною і грибним патогеном.....	28
РОЗДІЛ 2. Умови та методи досліджень.....	32
2.1. Вибір сортів для дослідження.....	32
2.2. Створення штучного інфекційного фону збудника бурої листової іржі та умови проведення досліджень.....	36
РОЗДІЛ 3. Результати оцінки стійкості сортів пшениці озимої.....	39
3.1. Перевірка патогенності збудника бурої іржі в лабораторних умовах.....	39
3.2. Визначення стійкості сортів пшениці озимої.....	47
3.3. Оцінити сорти на штучному інфекційному фоні.....	48
Висновок.....	51
Список використаних джерел.....	52

ВСТУП

Сучасний розвиток землеробства в Україні передбачає застосування напрямків, які б мали певний екологічний та економічний баланс. Використання хімічних засобів захисту рослин проти фітопатогенів є найбільш ефективним елементом в системі землеробства, проте він також є найбільш затратним і екологічно небезпечним. Так, за даними Держпродспоживслужби для проведення всього комплексу заходів захисту рослин від шкідливих організмів в 2022 р. використано 33,8 тисяч тонн препаратів на площі 38,4 млн га. За п'ять місяців 2023 р. захист сільськогосподарських культур від шкідників, хвороб і бур'янів проведено вже на площі понад 19,2 млн га [7].

За умов військового стану використання хімічних засобів захисту рослин містить ряд ризиків еколого-економічного напрямку – якість засобів захисту, збереження, логістика (максимальне навантаження на надземне транспортування та витрати на паливо-мастильні матеріали). Тому актуальним є звернення уваги на вже існуючі напрямки землеробства з мінімальним екологічним та економічним навантаженням. Одним з елементів еколого-економічної збалансованості сучасного землеробства України є залучення нових сортів пшениці. На думку селекціонерів саме створення і впровадження нових сортів рослин, адаптованих до умов довкілля, ніколи не втратять актуальності за постійних нових викликів із появою нових рас патогенних організмів, тиску флуктуацій погодних умов, мінливих потреб ринку та ін. [15].

Вирощування сортів стійких до збудників хвороб сприяє екологічній та економічній збалансованості землеробства. Для створення стійких сортів необхідно мати інформацію щодо джерел стійкості. Вивчення імунологічної характеристики колекцій пшениці виведення за кількома напрямками, які дозволяють виявити джерела стійкості проти хвороб, встановити їх імунологічні

властивості в процесі селекційного добору, створити імунні сорти із комплексом цінних господарських і біологічних ознак [16].

Метою досліджень було визначення рівнів стійкості сортів пшениці м'якої озимої різного еколого-географічного походження до збудника бурої іржі в умовах штучного інфекційного фону.

Матеріали та методи: Матеріалом для досліджень була колекція зразків сортів пшениці озимої різного еколого-географічного походження, наданої нам для вивчення з Національного центру генетичних ресурсів рослин України Інститут рослинництва ім. В.Я. Юрієва НААН. До неї входило 19 сортів різного еколого-географічного походження: «Мелашка», «Мальованка», «Основа одеська», «Відповідь одеська», «Понтійка», «Новатор», «Пирятинка», «Ефектна», «Херсонська фортеця» – української селекції; «Voinic», «Pitar», «Zamolxe», «Semmal» – румунські сорти; «MV Кере», «MV Bojtar», «Mv Mente» – угорської селекції; чеський сорт «Nordika» та сорти з Німеччини «Producent» і «Futurum». Стандарт – український сорт «Подольанка».

Оцінку стійкості проводили на штучному інфекційному фоні збудника бурої іржі на дослідній ділянці лабораторії імунітету сільськогосподарських рослин до хвороб, Інституту захисту рослин НААН (дослідно-виробничий відділ Інституту фізіології рослин і генетики НАН України, Київська обл.). Оцінку стійкості проводили за Інтегрованою шкалою оцінок стійкості зернових колосових культур [20].

РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1. Біологічні особливості озимої пшениці

Пшениця є однією з найдавніших культур, яка має багату історію і налічує тисячі років. Літературні джерела та археологічні матеріали вказують на те що пшеницю вирощували 5-6 тисяч років тому.

Ще з давнини, пшениця зберігає своє значення як одна з основних культур у світі. З огляду на обсяги її вирощування, залишається важливою сільськогосподарською рослиною. Її походження пов'язують із територією Близького сходу та Західної Азії, зокрема з такими регіонами, як Ірак, Єгипет і Китай[6].

Лідером за посівами пшениці є Китай який становить близько 21млн га. Серед провідних країн також виділяють Індію з площею близько 25 млн га, яка посідає одне з перших місць у світі. До першої десятки входить і Україна з площею приблизно 5,7 млн га. Більшість посівів - до 90% - зосереджена в степовій і лісостеповій зонах, тоді як решта 10% припадає на Полісся та Карпати.

Озима пшениця відрізняється тривалішим вегетаційним періодом порівняно з ярою. Вона ефективніше використовує вологу та поживні речовини ґрунту, що забезпечує вищу врожайність. Серед країн із високими показниками можна відзначити Індію - 8,3 т/га, Францію - 7,6 т/га, Велику Британію 7,5 т/га та Україну у середньому 2,4 т/га з потенціалом до 3 т/га в період сівби. Зокрема у 2001 році [3].

В Україні тверда пшениця вирощується переважно як яра культура. Вона відрізняється високим вмістом білка - 16-17% - на відміну від м'якої пшениці. Однак через жорстке зерно вона непридатна для хлібопечення, але є незамінною

в макаронній промисловості. Натомість м'яка пшениця з нижчим вмістом білка 9-11% і більшою кількістю крохмалю використовується в кондитерській промисловості, а також для виробництва крохмалю та комбікормів.

У степових зонах рекомендують, від загальної площі посівів висівати озимої пшениці не менше 50-55% від загальної площі зернових, в лісостепу не менше 50%. В Польському регіоні найбільш доцільна частка пшениці озимої становить 35-40% від загальної площі посівів зернових.

В степовій зоні великий вплив на вирощування озимої пшениці мають погодні умови в період сівби. За відповідних метеорологічних умов посівні площі озимини можуть мати незначне зростання на 10-12%. І навпаки, у разі несприятливої погоди площа може знизитися. Озима пшениця слугує гарним попередником для різних культур, таких як кукурудза або цукровий буряк. В Україні яра пшениця менше поширена через нижчий рівень урожайності порівняно з озимою. Яра пшениця переважно вирощується в районах, де озимі культури не сформували повноцінних посівів або зазнали втрат, виконуючи функцію страхової культури. Середня врожайність становить близько 21 т/га, що приблизно на 10 т/га нижче порівняно з озимою пшеницею [3].

Пшениця, будучи культурою, добре пристосована до умов нашого регіону, добре росте в усіх природно-кліматичних зонах України. Що стосується температурних вимог, озима пшениця є холодостійкою культурою, яка витримує низькі температури. Насіння починає проростати за температури ґрунту в посівному шарі близько 1-2°C, однак такі умови значно продовжують період сівби до появи сходів. Оптимальна температура для проростання становить 12-20°C. За достатньої вологості ґрунту насіння проростає протягом 5-6 днів у цьому температурному діапазоні. Водночас температура вище 25 °C негативно впливає на ріст рослин, роблячи їх більш уразливими до хвороб. Оптимальним строком сівби є період, коли середньодобова температура повітря становить 14-18°C [12].

Рослини пшениці озимої здатні витримувати екстримально низькі температури до мінус 35-40 °С. За наявності снігового шару завтовшки 10 см і більше озимі не зазнають пошкодження навіть за морозів до мінус 30 °С. Якщо висота снігового покриву становить щонайменше 2 см, посіви пшениці можуть витримувати до мінус 20-26 °С. У ділянці заглиблення вузла кущення, де температура повітря тримається такого рівня, рослини можуть переносити охолодження в межах мінус 15,2-19,9 °С. Але за відсутності захисного снігового покриву навіть озимі сорти з високою морозостійкістю загнивають при зниженні температури нижче мінус 25-30 °С. Такий критичний температурний показник називають температурою вимерзання [12].

Восени, за умов над активного розвитку рослин і формування 5-6 пагонів, у озимої пшениці знижується морозостійкість до низьких температур. Небезпечним періодом для культури є кінець зимового періоду та початок весняної вегетації, коли через значні добові перепади температур рослини стають особливо чутливими до приморозків. В цей період навіть короткочасне зниження температури повітря +3...+5°C. Найуразливіші температурні умови для росту й розвитку пшениці озимої вважаються показники +20...+25°C, оскільки за таких умов найінтенсивніше проходять фізіологічні та процеси проростання. За достатнього зволоження короткочасне підвищення температури до +35...+40°C дуже негативного впливу не має, однак перевищення норми +40°C стає критичним для накопичення сухої речовини.

Також надзвичайно важливе значення в розвитку і формуванні високої продуктивності є водний режим. Для повноцінного проростання насіння повинно увібрати вологу в кількості 55-60% від власної маси. Дефіцит у фазі кущення негативно позначається на формуванні пагонів, що зумовлюється зменшенням продуктивності посіву. У фазі виходу рослин у трубку, колосіння та наливу зерна спостерігається найбільша потреба у волозі. Нестача вологи знижує рівень розвитку а у подальшому і урожаю загалом. Для росту і розвитку

культури оптимальною вологістю ґрунту є 75-80% від найменшої вологоємності. У продовж вегетації озима пшениця споживає приблизно 2500-4000 метри кубічні води на 1 га залежно від умов вирощування. Для утворення 1 кг сухої речовини рослинам потрібно близько 300-500 л води.

Достатня кількість опадів у весняний період сприяє активному наростанню вегетаційної маси та утворенню нових пагонів. Від початку весняної вегетації до фази колосіння рослин використовують близько 70% загальної потреби у воді, тоді як у період від цвітіння до молочної стиглості зерна - лише близько 20%. Надмірне зволоження негативно впливає на ріст і розвиток озимої пшениці. Короткочасне перезволоження за низьких температур не викликає значного пригнічення рослин, однак тривале застосування води спричиняє загнивання кореневої системи, затримку росту та сприяє зміні забарвлення листків на блідо-зелене. Надмірне зволоження в восени також знижує морозо- та зимостійкість культури.

Значна кількість опадів у весняно-літній період може викликати надмірний розвиток вегетативної маси, що призводить до вилягання посівів, посилення розвитку грибних хвороб та зменшення врожайності зерна. Для процесу фотосинтезу рослини потребують достатнього освітлення, оскільки сонячна енергія є основним джерелом утворення органічної речовини. Для фотосинтезу використовується незначна частина сонячної радіації - фотосинтетично активна радіація (РАФ), частка якої становить приблизно 1-3%. За сприятливих умов зернові культури здатні засвоювати до 5% РАФ, що забезпечує формування близько 300 кг сухої речовини [12].

Найкращі умови для озимих створюються на добре окультурених ґрунтах середнього механічного складу. Найбільш сприйнятливими ґрунтами є чорнозем, темно-сірі та сірі опідзолені, каштанові а також сірі лісові ґрунти. Оптимальною реакцією ґрунтового розчину є нейтральна, з показником рН 6,6-7,0. Рівень високої урожайності можна забезпечити шляхом застосування

органічних і мінеральних добрив, використання сидеральних культур, вапнування кислих ґрунтів, поглиблення орного шару та регулювання водного режиму. Водночас засолені, легкі піщані й важкі глинисті ґрунти малопридатні для вирощування озимої пшениці через низький рівень продуктивності культури. Непридатними також є безструктурні ґрунти, схильні до затоплення та тривалого застою води протягом вегетаційного періоду [12].

Фази розвитку пшениці озимої за ВВСН-шкалою.

Фенологічні стадії розвитку пшениці озимої визначали за розширеною шкалою ВВСН-шкалою для зернових культур, яка є міжнародною ідентифікацією фаз росту і розвитку рослин. Згідно з цією шкалою, розвиток пшениці поділяється на дев'ять основних стадій, кожна з яких має відповідний цифровий код та морфологічну характеристику[20].

Основна стадія росту 0 - проростання.

На початковому етапі розвитку відбувається проростання насіння. Стадія починається із сухої зернівки (код 00), далі спостерігається початок та завершення набухання насіння (коди 01-03). Після цього з зернівки виходить первинний корінець (код 05), який поступово продовжується та формує кореневі волоски і бічні корені (код 06). Завершується стадія появою сходів, коли колеоптіль виходить на поверхню ґрунту (код 09)[20].

Основна стадія росту 1 - листовий розвиток.

Дана стадія характеризується формуванням та розгортанням листків. Спочатку перший листок пронизує колеоптіль (код 10), після чого він повністю розгортається (код 11). Надалі відбувається послідовне утворення другого, третього та наступних листків (коди 12-19). У цей період активно формується листова поверхня рослин на фотосинтетичний апарат [20].

Основна стадія росту 2 - кущення.

Фаза кущення починається з утворення бічних пагонів. Спочатку пагони відсутні (код 20), далі формується перший пагін кущення (код 21), другий (код

22), третій (код 23) та наступні пагони. Завершується стадія досягненням максимальної кількості стебел рослини (код 29). Саме у фазі кущення формується продуктивний стеблостій посіву [20].

Основна стадія росту 3 - видовження стебла.

На цій стадії відбувається інтенсивний ріст стебла та міжвузлів. Початок видовження стебла характеризується появою першого вузла над поверхнею ґрунту (код 31). Надалі формується другий вузол (код 32), третій вузол (код 33) та інші міжвузля. Наприкінці стадії прапорцевий листок стає помітним, але ще залишається загорнутим (код 37), а згодом прапорцевий листок повністю розгортається (код 39).

Основна стадія росту 4 - вихід у трубку .

Фаза виходу в трубку супроводжується розвитком прапорцевого листка. На початку піхва прапорцевого листка розширюється (код 41), далі вона набухає (код 45), після чого прапорцевий листок поступово виходить назовні (код 47-49)[20].

Основна стадія росту 5 - колосіння.

Колосіння характеризується виходом суцвіття з піхви прапорцевого листка. Спочатку верхівка колоса стає помітною (код 51), після чого колос поступово висувається: 20% (код 52), 30% (код 53), 40% (код 54) 50% (код 55), 60% (код 56), 70% (код 57), 80% (код 58). Повне колосіння відповідає коду 59, коли колос повністю виходить з піхви[20].

Основна стадія росту 6 – цвітіння.

У фазі цвітіння відбувається висування пиляків та процес запилення. Початок цвітіння визначають за появою перших пиляків (код 61). Масове цвітіння спостерігається, коли 50% пиляків досягають стиглості (код 65). Завершення фази відповідає коду 69, коли цвітіння закінчується і можуть залишатися лише поодинокі пиляки[20].

Основна стадія росту 8 – досягання.

Стадія достигання включає ранню та повну стиглість зерна. На початку зерно має м'яку консистенцію (код 83), далі переходить у тістоподібний стан (код 85). Наприкінці достигання зерно твердіє, його вже неможливо розчавити нігтем (код 89)

Основна стадія росту 9 – старіння.

Остання стадія характеризується повним достиганням рослин та старінням. Рослини поступово відмирають і втрачають зелене забарвлення. На цьому етапі завершується вегетаційний період пшениці озимої та формується готовність зерна до збирання врожаю(рис.1.1) [20].

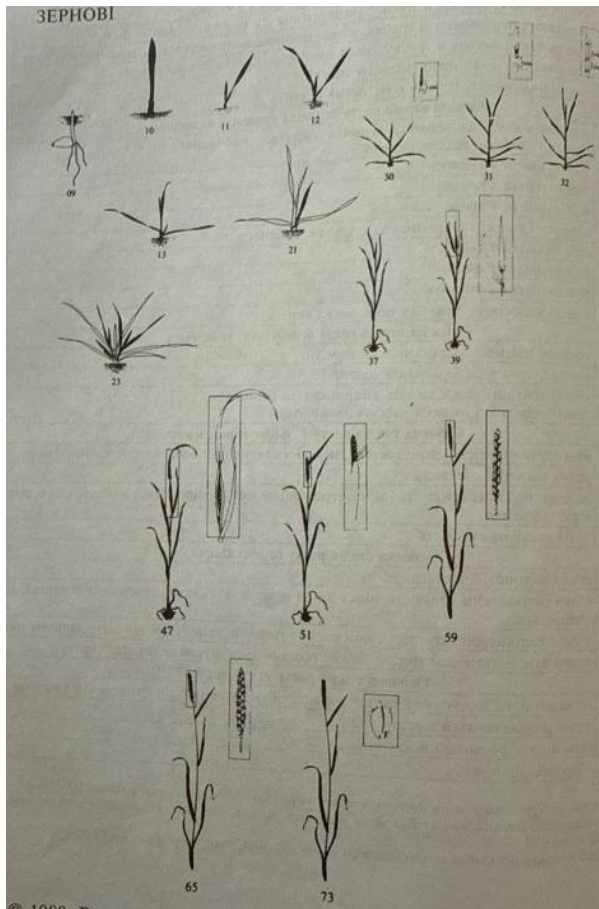


Рис. 1.1. Фенологічні стадії росту [20]

1.2. Історія дослідження збудника бурої іржі

Порядок *Uredinales*, або іржасті гриби є однією з найбільших значущих груп паразитичних грибів, що викликають іржасті хвороби рослин. Вивчення цих грибів має довгу історію, яка сягає кількох століть.

Перші згадки про іржасті гриби з'явилися ще в античні часи. Давньогрецькі та римські автори, зокрема Теофраст і Пліній Старший. Описували хвороби рослин, що спричиняли «іржаві» плями. Однак систематичне вивчення цих грибів почалося лише в XVII-XVIII століттях, коли мікроскопічні дослідження дозволили вперше побачити їхню структуру[18].

У XIX столітті значний внесок у вивчення *Uredinales* зробили Антон де Барі та Гайнріх де Антон де Барі, які встановили складний життєвий цикл іржастих грибів, включаючи чергування спороношень та зміни господарів. Це відкриття дозволило пояснити механізми поширення хвороб і розробити методи їхнього контролю.

Антон де Барі 1865-1866 рр. вперше описав явище зміни рослин-господарів паразитичним грибам [18].

Також в античні часи було відомо, що хлібні посіви дужче хворіють іржею на тих ділянках поля, які межують за лісом. Пліній Старший вважав, що у всьому винні лисиці, які живуть у лісі й своїм рудим хутром провокують появу іржі на краях поля. У 1660 р. були опубліковані відомості про те, що розвиток стеблової іржі злаків провокується наявністю поблизу хлібного поля кущів барбарису. У 1818 р. датський вчитель та міколог Йоханн Крістіан Ернст Шау повідомив, що від розтирання хворого листа барбарису на поверхні стебла злаків там з'являлась іржа. А. де Барі повторив цей експеримент і довів, що барбарис і злаки є двома господарями одного й того самого виду іржастого гриба. При цьому перша частина життєвого циклу гриба проходить на одній рослині, а друга—на іншій.

Протягом XX століття було вдосконалено класифікацію *Uredinales*. Виявлено тисячі нових видів і досліджено їхню екологію. Важливі дослідження стосувалися взаємодії грибів із рослинами-господарями та механізмів їхнього паразитизму. Завдяки досягненням у мікробіології та генетиці вчені змогли детальніше зрозуміти особливості [18].

Сучасні дослідження *Uredinales* зосереджені на молекулярній біології, геноміці та біотехнологіях. Використання методів ДНК-аналізу дозволяє уточнювати філогенетичні зв'язки між видами та прогнозувати нові шляхи контролю цих патогенів. Застосування біологічних підходів також сприяє розробці стійких до іржастих грибів сортів рослин.

Бура іржа є однією з найшкодочинніших та найрозповсюдженіших хвороб пшениці, передусім в районах з теплим кліматом та високою інтенсивністю вирощування зернових культур. Шкодочиність хвороби полягає у посиленні транспірації рослин бо зменшується асиміляція поверхні листків, як наслідок погіршується водний баланс і відбувається передчасне відмирання листків. Також у період наливу зерна зараження є небезпечним, рослини потребують значної кількості поживних речовин та асимілятів для формування врожаю [18].

Збудником бурої іржі є базидіальний гриб *Puccinia recondite f. sp. tritici* з порядку іржастих грибів. Однією з характерних ознак є пустули буро-рудого кольору які розташовані на листках (рис.1.2). Уредоспори утворюються безстатевим шляхом на міцелії гриба і мають двоядерну будову. Після дозрівання їх оболонка потовщується, а самі спори легко розносяться вітром на значні відстані (рис.1.3).



Рис. 1.2. Пустули *Puccinia recondite f. sp. Tritici* (Фото автора)

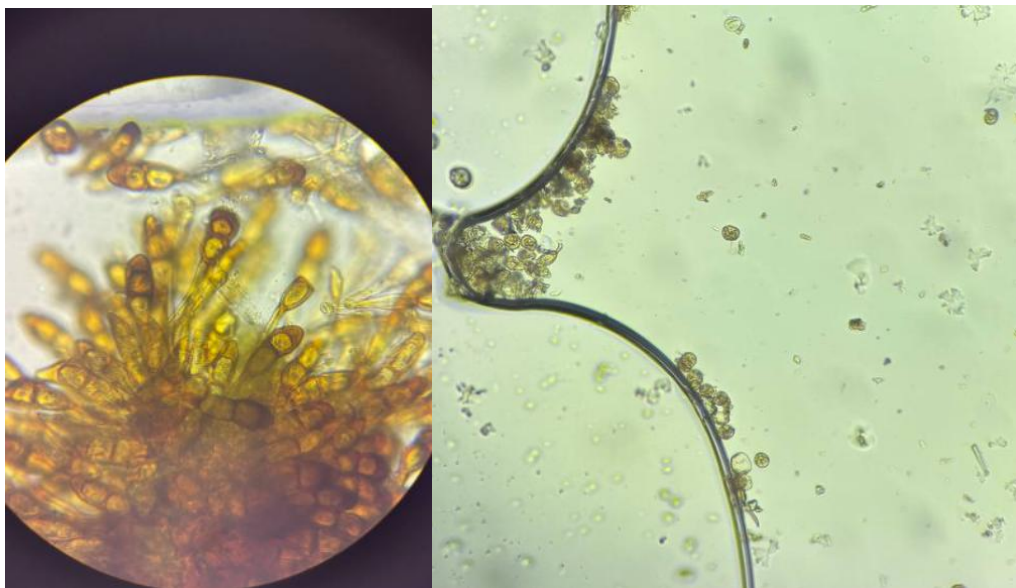


Рис. 1.3. Уредоспори *Puccinia recondite f. sp. tritici* (Фото автора)

Уредоспори переносяться вітром на молоді листки та залишаються на їх поверхні до появи вологи у вигляді дощу або роси та за наявності сприятливої для розвитку збудника температури. Спори проростають, через росткову трубку яка спрямовується до продиху листка, це відбувається переважно в ночі. Над продихом формується апресорій, за допомогою якого гриб закріплюється на поверхні епідерми листка. З деяким проміжком часу гіфа проникає під продих і розширюється між клітинами рослини, формуючи розгалужений міцелій. За допомогою гаусторій гриб проникає в клітини рослини-господаря та поглинає з них поживні речовини, не вбиваючи клітини одразу [17].

При теплій погоді вже через 7-10 днів після зараження на листках утворюється нові пустули, з яких звільнюється велика кількість уредоспор. Які знову переносяться вітром і заражають інші рослини. Такий цикл розвитку збудника повторюється багато раз протягом вегетаційного періоду, тому збудник поширюється швидко, особливо на нестійких сортах пшениці. Найсильніший розвиток спостерігається після колосіння зерна, а також під час наливу зерна, коли ураженні верхні листки, особливо негативно впливає на врожай пшениці.

Через 10-15 днів після появи урединій на нижньому боці листків формується теліоспори - другий тип спор гриба. З ними пов'язана статева стадія життєвого циклу збудника. Теліоспори є двоклітинними та двоядерними. В процесі дозрівання ядра зливаються, утворюючи диплоїжне ядро, а оболонка спори потовщується й темніє. Теліоспори зимують на рослинних рештках і на весні проростають, формуючи базидії з базидіоспорами [17].

В результаті редукційного поділу утворюються чотири гаплоїдні базидіоспори різної статевої належності. Для пшениці озимої вони є інфекційні та потребують проміжного господаря – з рожини жовтцеві рутвиця. Після зараження рутвиці на її листках формується спермогонії, у яких утворюються

спермації. Між різних типів комахи переносять спермогоній, забезпечуючи формування плазмогамії, а також формування дикаріотичного міцелію.

З часом на рутвиці утворюються ецидії з ецидіоспорами. Вони разносяться вітром і заражають зернові культури. На листках пшениці ецидіоспори проростають, утворюючи двоядерний міцелій, з якого знову формуються уредоспори, а згодом теліоспори. Таким чином життєвий цикл бурої іржі включає 5 типів спороношення. Найбільше значення для швидкого поширення хвороби мають саме уредоспори, які забезпечують масове зараження посівів упродовж вегетаційного періоду [17].

1.3. Стійкість пшениці озимої до збудника бурої іржі

Для підвищення ефективності вирощування пшениці важливе значення має створення сортів, стійких до основних грибних захворювань. Однією з найбільш небезпечних хвороб зернових в Україні є бура іржа пшениці, вона має здатність суттєво знижувати врожай та погіршувати якість зерна. Ураження рослин супроводжується виснаженням фотосинтетичного процесу, порушенням обміну речовин, зниженням стійкості рослин до несприятливих умов навколишнього середовища. За не значного розвитку хвороби витрати врожаю можуть досягати 15-20%.

Збудник бурої іржі належить до облігатних паразитів, його розвиток пов'язаний із живими рослинами-господарями. Іржасті гриби характеризуються складним циклом розвитку, який включає декілька типів спороношення (рис.1.4). У поширенні найбільш значущим типом є урединіоспори, які швидко разносяться повітряними потоками та забезпечують масове зараження посівів упродовж вегетації[21].

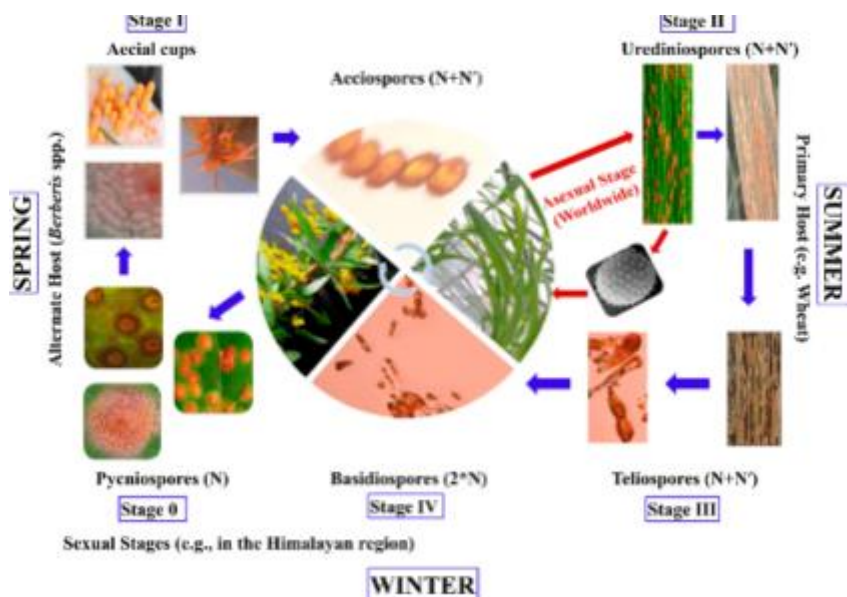


Рис.1.4. Цикл розвитку *Puccinia recondite f. sp. tritici* [24]

Масовий розвиток іржі спостерігається за достатнього зволоження та помірно теплої погоди. Для зараження найсприятливіша температура близько 18-20°C та наявність крапельної вологи на поверхневому шарі листя. В таких умовах патоген швидко поширюється у посіви і може викликати епіфітотій розвиток хвороби. Ранні посіви озимих особливо вразливі до ураження.

Суттєвою проблемою є висока мінливість збудника бурої іржі. У природних умовах виникають нові раси патогена, здатні долати стійкість сортів пшениці. Це ускладнює селекційну роботу та потребує постійного оновлення сортового складу. Втрата стійкості може бути пов'язана не лише з появою нових агресивних рас, а й із змінами імунологічних властивостей сортів у процесі їх тривалого вирощування та розмноження [21].

У зв'язку з цим важливого значення механізмів стійкості рослин і пошук джерел імунітету для подальшого використання у селекції. Для обмеження розвитку бурої іржі необхідно поєднувати вирощування стійких сортів із дотриманням агротехнічних та фітосанітарних заходів, що дає змогу зменшити поширення інфекції та підвищити стабільність урожаю пшениці [21].

Стійкість сортів пшениці до бурої іржі значною мірою залежить від їхньої імунологічної однорічності. Сорти, у яких рослини відрізняються за рівнем стійкості, швидше втрачають захисні властивості проти збудника. Причиною цього може бути не лише поява нових агресивних рас патогена, й особливості насінництва, коли під час добору рослин основну увагу приділяють урожайності та господарським ознакам, недостатньо враховуючи їхню стійкість до хвороб.

У сучасних дослідженнях все більше уваги приділяється вивченню змін імунологічних властивостей сортів у процесі їх тривалого вирощування та розмноження. Це дає можливість краще зрозуміти механізми формування стійкості а також підвищити ефективність селекційної роботи. Одним із найбільш результативних способів захисту пшениці від бурої іржі є створення та впровадження сортів із комплексною стійкістю. Проте висока генетична мінливість збудника, здатність до мутацій, утворення нових рас і поширення спор на великі відстані призводить до поступового подолання стійкості навіть у нових сортів.

Відповідно до сучасних уявлень, стабільність сорту значною мірою визначається рівнем його імунологічної вирівняності. Сорти що відзначаються неоднорідністю за імунологічними ознаками, швидше втрачають стійкість до хвороб. Імовірно, зниження резистентності може відбуватися і під час насінництва, оскільки при доборі рослин для отримання супереліти основну увагу приділяють їх продуктивності, тоді як оцінювання стійкості до штучного інфекційного фону часто залишається недостатнім[21].

Зміни імунологічних характеристик сортів часто недооцінюються, тоді як значення расового складу патогенів інколи переоцінюється. Саме тому важливим напрямком досліджень є вивчення імунологічних змін, які виникають у сортів у процесі репродукції, адже це дає можливість цілеспрямовано впливати на формування їх стійкості.

Одним із найефективніших способів обмеження розвитку збудника бурої листової іржі пшениці є створення та впровадження у виробництво стійких сортів. Але не дивлячись на це такі сорти теж здатні зберігати свою ефективність лише протягом певного часу, оскільки популяція патогену характеризується високою генетичною мінливістю. Мутаційні та рекомбінаційні процеси, зміни в популяціях збудника, а також міграція спор сприяють виникненню нових генів вірулентності, здатних долати захисну дію генів стійкості пшениці [22].

На сьогодні виявлено 90 генів стійкості пшениці до бурої іржі. Багатьох із них визначено локалізацію в геномі та оцінено ефективність у різних природно-кліматичних умовах. Ефективність окремих генів істотно відрізняється залежно від ґрунтово-кліматичних умов та особливостей популяції патогена. У степовій зоні України найбільш результативним виявляється гени Lr9 і Lr19. Дещо нижчу, але все ж таки достатню високу ефективність проявляють гени Lr24 та Lr37. Водночас встановлено, що окремі гени стійкості можуть втрачати свою ефективність унаслідок появи нових вірулентних рас патогена. Зокрема, для гена Lr34 зафіксовано зниження захисної дії під впливом бурої іржі. У той же час гени Lr10, Lr14a, Lr22a, Lr22b виявилися малоефективними проти сучасної популяції збудника бурої листової іржі. Це свідчить про постійну зміну расового складу патогена та його здатність адаптуватися до генетичного захисту рослин [1].

Дослідження, проведені в зоні Правобережного Лісостепу України у 2024-2025 рр., підтвердили залежність ефективності генів стійкості від рівня інфекційного навантаження та вірулентності популяції збудника. Встановлено, що в умовах епіфітотійного розвитку бурої листової іржі значна частина генів стійкості суттєво знижує рівень експресії або повністю втрачає ефективність.

Найвищу стабільну ефективність упродовж досліджень проявили гени Lr9, Lr25, Lr28, Lr39, Lr40, Lr41, Lr42, а також комбінації генів Lr43+Lr21+Lr39

і LrTm, які забезпечували високий рівень стійкості навіть за умов епіфітотій у 2025 році.

Разом із тим встановлено, що гени Lr32, Lr46, Lr34, Lr35, Lr37 та деякі інші в умовах сильного розвитку хвороби виявилися сприйнятливими або малоефективними. Зокрема, ген Lr29, який раніше характеризувалися високою ефективністю, станом на 2025 рік практично втратив захисну дію проти місцевої популяції збудника [13].

Також є група генів стійкості, яка має мінливий характер і залежить від рівня інфекційного навантаження та рівня вірулентності популяції патогену загалом. Виокремленні гени стійкості варто використовувати в селекційному процесі із врахуванням особливостей останньої групи. Неефективними до дії всіх рас популяції збудника бурої іржі пшениці в зоні Правобережного Лісостепу України є гени Lr1, Lr2c, Lr3, Lr3ka, Lr3bg, Lr10, Lr11, Lr13, Lr15, Lr16, Lr17, Lr26, Lr29, Lr30, Lr33, Lr37, LrV. Якщо вони пов'язані з корисними ознаками, їх використання в селекції потребує пірамідкування (накопичення генів) з іншими більш ефективними генами стійкості [23].

Отримані результати свідчать про необхідність постійного моніторингу гасового складу *Puccinia triticina* та використання у селекційному процесі пірамідкування ефективних генів стійкості для забезпечення тривалого генетичного захисту сортів пшениці [13].

Щоб уникнути швидкої витрати стійкості нових сортів, у селекції використовують лінії та сорти з різними типами резистентності. Такий підхід дає можливість знизити швидкість поширення вірулентних рас збудника та забезпечити тривалішу ефективність генів стійкості. Важливе значення має також залучення селекційного матеріалу з різних екологічних і географічних зон, що дозволяє виявити нові джерела імунітету [5].

Окремі сорти пшениці здатні тривалий час зберігати високий рівень стійкості навіть за значного інфекційного розвитку хвороби вони залишаються

відносно стійкими, однак під час епіфітотій рівень резистентності різко знижується. Частина сортів після зменшення інфекційного фону здатна відновлювати стійкість, тоді як інші остаточно її втрачають через накопичення у популяції патогена високовірулентних рас [5].

У зв'язку з цим важливим напрямом селекції є створення так званої «мозаїки» сортів, що відрізняються генетичною структурою та набором генів стійкості. Використання різних за походженням сортів дозволяє зменшити ризик масового ураження посівів і підвищити загальну стабільність агроценозів [5].

Ефективний захист пшениці від бурої іржі передбачає комплексний підхід. Основою боротьби є вирощування стійких сортів, дотримання науково обґрунтованої сівоzmіни, збалансоване внесення добрив та використання протруювання насіння. За необхідності застосовують фунгіцидні препарати, які обмежують розвиток інфекції та знижують рівень ураження рослин. Поєднання селекційних, агротехнічних і хімічних заходів забезпечує найбільш ефективний контроль розвитку бурої іржі та сприяє отриманню стабільних урожаїв пшениці [4].

Наукові дослідження стійкості сортів пшениці озимої дозволили встановити значну різницю між сортами за рівнем їх резистентності до патогена. Оцінювання на штучному інфекційному фоні дозволило виявити сорти, які здатні ефективно стримувати розвиток хвороби навіть за умов високого інфекційного навантаження, а також що сорти проявляють лише помірну або недостатню стійкість. Це свідчить про суттєві відмінності у генетичній природі їх захисних механізмів та ефективності проти місцевої популяції збудника бурої листової іржі [14].

Найвищий рівень стійкості серед досліджуваних сортів продемонстрували румунський сорт «Semnal» та чеський сорт «Nordika». Упродовж періоду спостережень ці сорти характеризувалися високою стійкістю на рівні 8-7 балів,

а розвиток хвороби на рослинах був мінімальний. Такий прояв резистентності свідчить про наявність у даних сортів високоефективних генів стійкості, які здатні забезпечувати тривалий захист рослин від патогена. Висока стабільність стійкості цих сортів дозволяє розглядати їх як перспективні джерела резистентності для подальшої селекційної роботи та створення нових сортів пшениці озимої, адаптованих для умов вирощування в Україні.

Серед сортів української селекції високою стійкістю до листової іржі відзначалися «Мелашка», «Мальованка», «Пирятинка», «Ефектна» та «Херсонська фортеця». Також добру стійкість проявили румунський сорт «Voinic» та угорський сорт «MV Mente». У цих сортів ураження рослин було незначним, а розвиток пустул збудника обмежувався, що може свідчити про ефективну роботу механізмів захисту рослин. Важливо, що такі сорти мають велике практичне значення не лише як високостійкі форми, але і як потенційні донори генів стійкості у селекційних програмах.

Окрему групу становили сорти з помірним рівнем стійкості. До них належали «Основа одеська», «Відповідь одеська» та угорський сорт «MV Кере», які проявили стійкість на рівні 5-6 балів. Такі сорти здатні певною мірою стримувати розвиток хвороби, однак за сприятливих для патогена погодних умов або за підвищеного інфекційного навантаження рівень їх стійкості може суттєво знижуватися. Подібний тип реакції свідчить про наявність часткової або недостатньо стабільної резистентності.

Помірну сприйнятливість до збудника бурої листової іржі виявили сорти «Понтійка», «Новатор» та румунський сорт «Zamolxe», які отримали оцінку 5 балів. За ураження цих сортів спостерігався більш активний розвиток патогена, що свідчить про нижчу ефективність їх генетичного захисту. Найбільш сприйнятливими виявилися румунський сорт «Pitfr», угорський сорт «MV Bojtar», а також сорти німецької селекції «Producent» і «Futurum». У цих сортів

рівень стійкості становив 5-4 бали, а інтенсивність розвитку хвороби була значно вищою порівняно зі стійкими сортами.

Отримані результати свідчать про те що ефективність генів стійкості значною мірою залежить від особливостей популяції патогена та умов навколишнього середовища. Відомо, що збудник бурої листової іржі характеризується високою мінливістю та здатністю швидко формувати нові вірулентні раси. Саме тому навіть сорти які спочатку проявляли високу стійкість з часом можуть втрачати свої захисні властивості. У роки епіфітотійного розвитку хвороби накопичуються агресивні раси патогена, здатні долати дію окремих генів стійкості, що призводить до зниження ефективності сортового імунітету.

Отже одним із головних завдань сучасної селекції є створення сортів з комплексною та тривалою стійкістю до бурої листової іржі. Для досягнення цієї мети необхідно використовувати джерела резистентності різного екологічно-географічного походження, поєднувати в одному генотипі декілька генів стійкості та забезпечувати генетичне різноманіття сортів. Які впроваджуються у виробництво. Особливу цінність мають сорти, що демонструють стабільну стійкість на штучному інфекційному фоні, оскільки вони можуть бути використані як донори ефективних генів резистентності. Ефективний контроль бурої листової іржі досягається завдяки поєднанню агротехнічних та хімічних методів захисту [10].

Одним із ефективних методів обмеження розвитку патогена є дотримання науково обґрунтованої сівозміни, яка сприяє зменшенню запасу інфекції в агроценозі. Також застосування комплексу агротехнічних і хімічних заходів. Не менш важливим є збалансоване внесення мінеральних добрив, оскільки надлишок азоту може посилювати розвиток хвороби та підвищувати сприйнятливість рослин. Своєчасне внесення фунгіцидних препаратів мінімізує ризику ураження посівів. У разі інтенсивного розвитку бурої листової іржі

доцільними є застосування фунгіцидів у період вегетації рослин. Використання сучасних фунгіцидних препаратів дозволяє не лише стримувати розвиток патогена, а й запобігати масовому поширенню інфекції у посівах. Проте найбільш ефективним та економічно вигідним способом захисту залишається вирощування сортів із високою генетичною стійкістю [10].

1.4. Механізми взаємодії між рослиною і грибним патогеном

Розвиток паталогічних процесів у рослин може бути спричинений різними чинниками, серед яких важливе місце займають інфекційні захворювання, несприятливі умови навколишнього середовища та інші стресові впливи. Перебіг хвороби визначається взаємодією між рослиною, збудником та умовами довкілля. Саме тому важливим завданням є своєчасне встановлення причин захворювання рослин. Для цього необхідно аналізувати особливості агротехнічних заходів, реакцію рослин на умови вирощування, а також визначати роль патогенів і ґрунтово-кліматичних факторів у розвитку патологічного процесу. Важливе значення має також оцінка впливу факторів середовища як на рослину-господаря, так і на збудника хвороби.

На розвиток захворювання впливає постійна взаємодія між патогеном і рослиною, яка, у свою чергу, залежить від зовнішніх умов. Цей процес є динамічним, змінним і водночас керованим. Завдяки регулюванню факторів навколишнього середовища та застосуванню відповідних заходів людина може впливати на перебіг хвороби. Такі дії можуть підсилювати або послаблювати стійкість рослин до захворювань, змінювати вірулентність патогенів і умови їх існування. У зв'язку з цим доцільним є створення нетипових і несприятливих умов для розвитку збудника [19].

Основою будь-якого патологічного процесу є порушення функціонування рослинного організму. Завдяки природним захисним реакціям рослина прагне

підтримувати нормальний розвиток і метаболічні процеси. У разі порушення фізіологічних функцій рослина намагається повернутися до свого природного стану та відновити координацію життєвих процесів, що називають відновленням організму. Відновленню рослин можуть сприяти як природні умови, так і втручання людини. За сприятливих умов вирощування рослини бавовнику, уражені вертицильозом, здатні природно відновлюватися. Це спостерігається, наприклад, коли температура ґрунту перевищує 30°C, що ефективно пригнічує активність патогена в рослині. Розуміння механізмів природного відновлення дає можливість цілеспрямовано застосовувати відповідні заходи захисту. Фактори навколишнього середовища, зокрема умови живлення здатні змінювати патологічний стан рослин та її реакцію на проникнення патогенів.

Використання добрив, мікроелементів, антибіотиків, регуляторів росту призводить до несприятливих умов для розвитку патогена всередині клітини. Завдяки правильному підбору цих чинників, які сприяють пригніченню збудника в тканинах рослин, стає можливим ефективний вплив на процес оздоровлення рослин[9].

Піл час розвитку інфекційного захворювання рослина зазнає впливу патогена, що викликає відповідну реакцію з боку рослинного організму. Водночас вплив збудника створює нові умови для подальшої, взаємодії. Рослина у відповідь на дію патогена змінюється порівняно із станом до зараження, оскільки функціонує вже в нових умовах, сформованих у наслідок інфекцій. Тому патоген також змушений постійно пристосовуватися до цих змін і відповідним чином змінювати свою реакцію. Наприклад, *Claviceps purpurea* Tul синтезує складний алкалоїд ерготамін лише під час паразитичної фази розвитку, зокрема при зараженні зав'язі злакових культур. У сапрофітних умовах на штучному поживному середовищі цей патоген не здатний

утворювати ерготамін. Подібні трансформації, викликані паразитуванням патогенів у рослинах, описані у численних дослідженнях[2].

Взаємодія між рослиною та патогеном призводить до розвитку інфекційного захворювання, яке є значно складнішим явищем, ніж проста реакція рослин на зараження. Важливо розмежувати поняття «шкідливість» і «шкода», оскільки вони мають різне значення. Шкідливість характеризує потенційну здатність хвороби викликати витрати врожаю, тоді як шкода відображає фактичні економічні збитки, завдані захворюванням, що можуть визначитися в товарних або грошових одиницях. Рівень збитків залежить від конкретних подій. Одні хвороби є надзвичайно шкідливими, наприклад борошниста роса, яка може повністю знищувати колоски, тоді як інші, зокрема борошниста роса пшениці, менш небезпечні, оскільки колос при цьому залишається не ушкодженим. Питання про те, коли саме починається захворювання рослин, можна трактувати по-різному залежно від підходу до його розгляду[10].

З біологічної точки зору початком хвороби вважають перші захисні реакції клітин рослини. У клінічному розумінні захворювання визначають тоді, коли стають помітними та проявляють характерні симптоми. Зазвичай під час діагностики хвороб рослин клінічне трактування має перевагу над біологічним підходом. Тому розуміння механізму взаємодії між рослиною пшениці та грибним патогеном бурої іржі є важливим для створення ефективних способів контролю цього захворювання. Відповідно до цього варто виділити такі взаємодії:

1. Процес проникання патогена полягає у проростанні спор гриба на поверхні листка пшениці, після чого формується міцелій. Гіфи міцелію здатні проникати через пори або пошкодженні ділянки епідермісу[11].

2. Після проникання в тканини листя гіфи міцелію поширюються між клітинами рослин.

3. Процес колонізації супроводжується ростом міцелію у міжклітинниках, у результаті чого формується грибниця. Надалі гриб починає використовувати поживні речовини клітин рослин.

4. Міцелій утворює пустули – спорангії, які є місцем формування спор під час споруляції. Ці спори можуть переноситись вітром, що спричиняє їх поширення на сусідні рослини[11].

На характер взаємодії можуть впливати різні чинники.

1. Відмінності між сортами пшениці проявляються через їхні індивідуальні особливості. Деякі сорти мають вищий рівень стійкості до бурої іржі порівняно з іншими. Здатність рослини протидіяти інфекції значною мірою визначається генетичними факторами.

2. На розвиток патогена та стійкість рослин до зараження впливають умови навколишнього середовища, зокрема температура, вологість і освітлення. Крім того, агротехнічні заходи, такі як сівозміна, застосування добрив, протруювання насіння та використання фунгіцидів, також можуть впливати на поширення бурої іржі [11].

РОЗДІЛ 2. УМОВИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Вибір сортів для дослідження

Експериментальні дослідження проводилися в лабораторії імунітету сільськогосподарських рослин до хвороб Інституту захисту рослин НААН України (рис. 2.1) та дослідних ділянок Інституту фізіології рослин і генетики НАН України (Київська область) (рис. 2.2) упродовж 2024-2025 років. Метою роботи було оцінювання рівня стійкості сортів озимої пшениці до збудника бурої листової іржі в умовах штучно створеного інфекційного фону.



Рис. 2.1. Лабораторії імунітету сільськогосподарських рослин до хвороб Інституту захисту рослин НААН України (Фото автора)



Рис. 2.2. Дослідні ділянки Інституту фізіології рослин і генетики НАН України (с. Глеваха Київська область)(Фото автора)

Матеріалом для досліджень була колекція зразків сортів пшениці озимої різного еколого-географічного походження (рис. 2.3), наданої нам для вивчення з Національного центру генетичних ресурсів рослин України Інститут рослинництва ім. В.Я. Юрієва НААН. До неї входило 19 сортів різного еколого-географічного походження: «Мелашка», «Мальованка», «Основа Одеська», «Відповідь одеська», «Понтійка», «Новатор», «Пирятинка», «Ефектна», «Херсонська фортеця» – української селекції, «Voinic», «Pitar», «Zamolxe», «Semmal» – руминські сорти; «MV Кере», «MV Bojtar», «MV Mente» – угорські селекції, чеський сорт «Nordika» та сорти з Німеччини «Producent» і «Futurum». Стандарт – український сорт «Подільянка» (табл. 2.1).



Рис. 2.3. Колекція зразків сортів пшениці озимої різного еколого-географічного походження. (Фото автора)

Досліджувальні сорти характеризувалися стійкістю до вилягання у межах 7-8 балів. Найвищу стійкість (8 балів) відзначено у сортів «Voinic», «Zamolxe», «MV Кере», «MV Mente», «Produce» та «Futurum». Найнижчі показники стійкості до вилягання (7 балів) спостерігалися у сорті «Мальованка», «Відповідь одеська» та «Пирятинка».

За рівнем холодостійкості більшість сортів мали показники 8 балів, а найвищу холодостійкість (8-9 балів) відзначено у сорту «Futurum». Найнижчі показники холодостійкості (7 балів) спостерігалися у сортів «Подільська» та «Херсонська Фортеця».

Стійкість до посухи у більшості досліджуваних сортів становила 8 балів. Найвищі показники посухостійкості (8-9 балів) були характерні для сортів «Voinic», «Zamolxe», а найнижчі (7-8 балів) - для сортів «Пирятинка» та

«Nordika». Найвищу посухостійкість (9 балів) виявлено у сорту «Херсонська Фортеця».

Таблиця 2.1. – Комплексна характеристика стійкості досліджувальних сортів озимої пшениці до несприятливих умов хвороб а також довкілля [6,8].

Сорт	Стійкість, бал.			
	До вилягання	Холодостійкість	Засухи	Хвороби
«Подільська»	7-8	7-8	8	8
«Мальованка»	7	8	8	7-8
«Основа одеська»	7-8	8	8	8
«Відповідь одеська»	7	8	8	7-8
«Понтійка»	7-8	8	8	7-8
«Новатор»	7-8	8	8	8
«Пирятинка»	7	8	7-8	7
«Ефектна»	7-8	8	8	8
«Херсонська Фортеця»	7-8	7	9	7-8
«Voinic»	8	8	8-9	8
«Pitar»	7-8	8	8	7-8
«Zamolxe»	8	8	8-9	8
«Semmal»	7-8	8	8	7-8
«MV Кеpe»	8	8	8	8
«MV Bojtar»	7-8	8	8	7-8
«MV Mente»	8	8	8	8
«Nordika»	7-8	8	7-8	8
«Producent»	8	8	8	8
«Futurum»	8	8-9	8	8

За стійкістю до хвороб більшість сортів характеризувалися високим показниками - 7-8 та 8 балів. Оцінка проводилася щодо основних хвороб озимої пшениці, зокрема бурої листової іржі, борошнистої роси, септеріозу листя та фузаріозу колоса. Найвищу стійкість до комплексу хвороб (8балів) мали сорти

«Подільянка», «Основа одеська», «Новатор», «Ефектна», «Voinic», «Zamolxe», «MV Кере», «MV Mente», «Producen» та «Futurum». Найнижчі показники стійкості до хвороб були (7 балів) відзначено у сорту «Пирятинка».

2.2. Створення штучного інфекційного фону збудника бурої листової іржі та умови проведення досліджень.

Одним із найбільш ефективних напрямків захисту пшениці від фітопатогенів є створення та впровадження у виробництво сортів із генетичною детермінованою стійкістю до збудників хвороб. Використання таких сортів дає змогу зменшити втрати врожаю, скоротити обсяги використання фунгіцидів, підвищити екологічну безпечність технології вирощування культури та забезпечити стабільну врожайність за різних агрокліматичних умов. Серед найпоширеніших і економічно значущих хвороб пшениці в Україні важливе місце займає буро-листова іржа, збудником якої є гриб *Puccinia recondite f. sp. tritici*. За епіфітотійного розвитку інфекції втрати врожаю можуть бути значними, а якість зерна істотно погіршується. У зв'язку з цим дослідження стійкості сортів пшениці озимої до бурої листової іржі є актуальним і практично важливим завданням [3].

Збір, розмноження та підтримання життєздатності інфекційного матеріалу збудника бурої листової іржі здійснювали згідно із загальноприйнятими методичними підходами з окремими модифікаціями. Інфекційний матеріал для формування штучного інфекційного фону (лабораторна суміш рас *Puccinia recondite f. sp. tritici*), яка сформована в попередні роки (рис 2.4). До її складу входили висушені уредініоспори, зібрані в Херсонській (Степ), Львівський (Лісостеп), та Київський (Полісся) областях. Для підвищення вірулентності штучної популяції додатково залучали раси з колекції расового складу Правобережного Лісостепу України.



Рис. 2.4. Інфекційний матеріал для формування штучного інфекційного фону (лабораторна суміш рас *Puccinia recondite f. sp. tritici*.)

Для вивчення і розкриття потенціалу стійкості сортів пшениці використовують штучні інфекційні фони збудників хвороб (рис. 2.5). Широко відомі методики застосування таких фонів для одних з найпоширеніших збудників хвороб озимої пшениці до бурої іржі [2].



Рис. 2.5. Штучний інфекційний фон *Puccinia recondite f. sp. tritici* на сорті пшениці озимої MV Wojtar (власне фото)

У польових умовах відбір ураженого матеріалу здійснювали рівномірно по ділянці, відбираючи не менше 40 уражених листків із кожного сорту. З кожного сортозразка виділяли по 10 моноізолятів патогена. Визначення фізіологічних рас збудника бурої листової іржі проводили на стандартному наборі сортів-диференціаторів (Malakoff, Karina, Brevit, Webster, Loros, Mediterranean, Hussar, Democrat)

РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ОЦІНКИ СТІЙКОСТІ СОРТІВ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ

3.1. Перевірка патогенності збудника бурої іржі в лабораторних умовах

Об'єктом наших досліджень був процес формування стійкості генотипів пшениці озимої до збудника бурої листової іржі за умов штучного інфекційного фону та природного фону.

Для всебічної оцінки взаємодії пшениці зі збудником бурої листової іржі дослідження проводили: у лабораторних умовах (метод відокремлених листків), в умовах штучного інфекційного фону в теплиці (вегетаційний метод) та у відкритому ґрунті (польові дослідження).

Розмноження інокулюму, виділення окремих пустул та отримання монопустульних ізолятів виконували в тепличних умовах із використанням сприйнятливого сорту «Подільська». Інокуляцію проводили шляхом нанесення водної суспензії уредініоспор. Для оцінювання реакції сортів-диференціаторів застосували метод ізолювання листів із використанням розчину бензimidазолу (40 мг/л), після чого проводили інокуляцію суспензією спор відповідного ізоляту (рис. 3.1).



Рис. 3.1 Метод ізолюваних листів із використанням розчину бензимидазолу (40 мг/л). (ІЗР НААН України) (власне фото)

У теплиці ми проводили роботи з патогеном вегетаційним методом.

Насіння пшениці висівали у вегетаційні горщики в умовах теплиці. Рослини вирощували до фази 2-го листка (код 12, див. п.1.1), яка наставала через 7-10 діб після появи сходів [20].

Перед інокуляцією з поверхні листків механічним шляхом видаляли восковий наліт. Ця операція забезпечувала рівномірне утримання капель інокулюму на листковій поверхні та сприяла проникненню інфекції через продихи. За наявності воскового нальоту водна суспензія спор стікала з листків, що знижувало ефективність зараження.

Розмноження інокулюму, виділення окремих пустул та отримання монопустульних ізолятів виконували в тепличних умовах із використанням сприйнятливого сорту «Подільська». Формування синтетичної популяції

збудника бурї листкової іржі базувалося на використанні комплексу патотипів із різними генами вірулентності. Масове розмноження спор для створення інфекційного фону проводили у зимово-весняний період у тепличних умовах на сорті «Подільнка». Рослини у фазі 10 діб розвитку інокулювали сумішшю рас різного рівня вірулентності. Склад популяції щорічно уточнювали відповідно до результатів попередньої диференціації, що дозволяло підтримувати необхідний рівень вірулентності та генетичну різноманітність патогена [20].

Для штучного зараження готували водну суспензію уредініоспор. Спори переносили в пробірку, додавали теплу дистильовану воду і ретельно перемішували скляною паличкою до отримання однорідної суспензії. Кількість спор у суспензії визначали мікроскопічно методом підрахунку у полі зору, доводячи базову концентрацію до оптимальних значень 5×10^4 - 1×10^5 уредініоспор на 1 мл води. Рослини рівномірно обприскували за допомогою дрібнодисперсного ручного розпилювача (пульверизатора) до повного змочування листкової поверхні [20].

Після інокуляції рослини поміщали у вологу камеру (рис. 3.2) (каркас, вкритий марлевою та поліетиленовою плівкою), яку попередньо зволожували водою для підтримання відносної вологості повітря на рівні 95-100%. У таких умовах рослини витримували протягом 24 годин для забезпечення проростання спор та проникнення патогена в тканини. Після закінчення експозиції вологу камеру знімали, а рослини вирощували за температури 22-23°C для подальшого розвитку хвороби (рис. 3.3).



Рис. 3.2. Зараження озимих збудником в теплиці з пульверизатора та накриття їх вологими камерами. (фото автора)



Рис. 3.3. Перші прояви після зараження збудником *Puccinia recondite f. sp. tritici* (фото автора)

Збір уредініоспор проводили на 10-й день після інокуляції за допомогою приладу «Циклон» або шляхом струшування на пергаментний папір. Повторне збирання здійснювали через 3-4 доби. Отриманий матеріал підсушували протягом трьох діб в ексікаторі із силікагелем, після чого зберігали в окремих ємностях при температурі +4°C.

З метою перевірки патогенності збудника було використано метод відокремлених листків.

Для експрес-оцінки стійкості рослин та оцінювання реакції сортів-диференціаторів у лабораторних умовах застосували метод відокремлених ізольованих листків.

Рослини вирощували до фази сходів 1-2 листків (код 11,12, див. п.1.1), після чого з листових пластинок механічного видаляли восковий наліт. Листки зрізали та розміщували в кюветах на шарі вати, зволоженої водним розчином бензimidазолу в концентрації 40 мг/л. Використання бензimidазолу дозволяло тривалий час підтримувати життєздатність і природне зелене забарвлення листової тканини завдяки гальмуванню процесів старіння клітин (рис. 3.4) [20].



Рис. 3.4. Заражена пшениця озима з уредініопустулами в кюветах на бензimidазолі. Лабораторія імунітету с.-г. рослин до хвороб ІЗР НААН України. (фото автора)

Інокуляцію здійснювали за допомогою пульверизатора з дрібнодисперсним розпиленням. Після інокуляції кювети накривали склом та вологим фільтрувальним папером та складали зразки в термостат для створення умов підвищеної вологості. Через 24 години знімали фільтрувальний папір, а

зразки переносили до камери штучного клімату з температурою 20-22°C та освітленням не менше 6000 люкс (рис. 3.5) [2].



Рис. 3.5. Кювети в кліматичній камері. Лабораторія імунітету с.-г. рослин до хвороб ІЗР НААН України. (фото автора)

Польові дослідження закладали шляхом висіву дослідного матеріалу у рекомендовані для культури строки. Штучний інфекційний фон у польових умовах формували у фазі виходу рослин у трубку (для певних оцінок у фазу кущення) [20].

Інфікування проводили у вечірній час (для запобігання швидкому висиханню крапель під сонцем та забезпечення нічної рурації) за допомогою ранцевого обприскувача. Для цього використовували водну суспензію спор із розрахунком 20 мг/м². Для покращення утримання інокулюму на поверхні листків та зниження поверхневого натягу води до суспензії додавали поверхнево-активну речовину - ад'ювант Твів-80 (з розрахунку 3-4 краплі на 1 л суспензії), (рис. 3.6) [2].



Рис. 3.6. Зараження пшениці озимої на дослідному полі збудником *Puccinia recondite f. sp. tritici* (фото автора)

З метою об'єктивного аналізу умов розвитку хвороби фіксували основні метеорологічні характеристики: температуру, вологість повітря та кількість опадів [2]. Оцінку розвитку хвороби здійснювали після появи перших пустул та в подальші строки відповідно до програми досліджень [2].

Перший облік: проводили у фазу кущення. Для кожного досліджуваного сорту детально оглядали всі 19 рослин. При цьому визначали відсоток уражених рослин та середню кількість пустул на 1 листок. Дані обліку бурої іржі у цей період виражали у відсоток розвитку хвороби, де поява 2,58 пустул на листок відповідає 1% розвитку хвороби. За наявності меншої інтенсивності ураження (менше 1%) за точку відліку приймали показники: 0,8 пустул на сходах відповідає 1% розвитку хвороби.

Обліки у пізніші фази розвитку: аналіз інтенсивності ураження проводили на 19 головних стеблах для кожного сортозразка. Обчислювали відсоток

уражених рослин і міру ураження. Облік вели строго поярусно для кожного окремого листка (міжвузля), починаючи фіксацію симптомів згори донизу: від прапорцевого листка (1-й ярус) до нижчих ярусів (2-й, 3-й та 4-й яруси листків відповідно). Ступінь ураження листової поверхні бурю іржею визначали у відсотках відповідно до стандартної шкали Петерсона, Кемпбела і Хана [20] (рис. 3.7)

Розвиток хвороби для загальної сортової проби обчислювали як середнє арифметичне значення ураження всіх облікових ярусів досліджуваних рослин. За одночасного прояву кількох видів іржі на листках, облік здійснювали у вигляді добору з розрахунком відсотка розвитку для кожного патогена окремо.

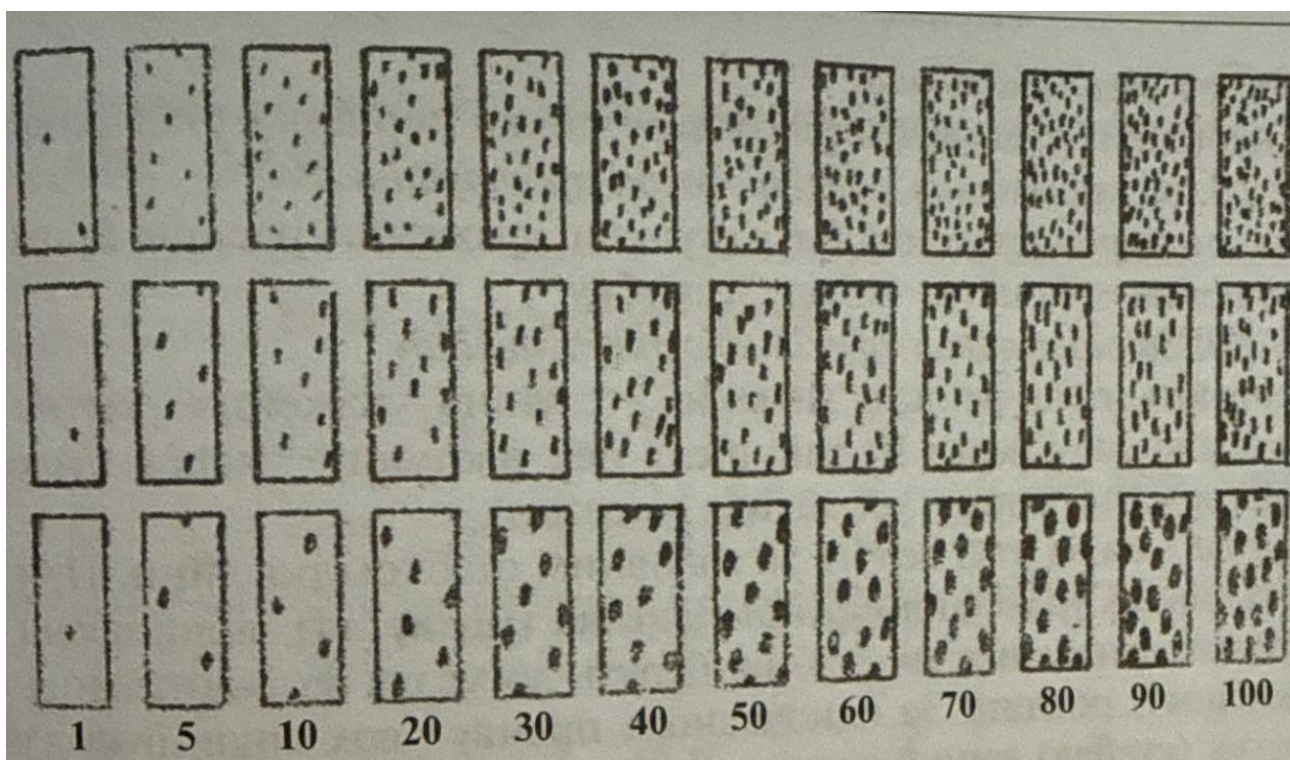


Рис. 3.7. Шкала Петерсона для оцінювання ступеня ураження злаків стебловою і бурю іржею [20]

3.2. Визначення стійкості сортів пшениці озимої

Визначення стійкості сортів пшениці проводили на штучному інфекційному фоні збудника бурої листової іржі. Оцінку стійкості проводили у фазу молочно-воскової стиглості зерна в період максимального розвитку хвороби за інтегрованою шкалою, оцінки стійкості зернових колосових культур до *Puccinia recondite f. sp. tritici*. Згідно зі шкалою, 9 балів – відповідали імунності, 8 балів - високій стійкості, 7-6 балів – стійкості, 5 балів – слабкій сприйнятливості, 4-3 бали – сприйнятливості, 2 бали – високій сприйнятливості, а 1 бал – дуже високій сприйнятливості.

Таблиця 3.1. Інтегрована шкала оцінки стійкості зернових культур до *Puccinia tritici*, *Puccinia dispersa*, *Puccinia hordei*, *Puccinia coronata* [2]

Бал	Характеристика прояву хвороби	Ступінь стійкості, сприйнятливості
9	Ознаки хвороби відсутні.	Дуже висока стійкість.
8	На поодинокі хлоротичні чи некротичні плями, можливо з дрібними уредініопустулами інтенсивністю до 5%.	Висока стійкість.
7	Дрібні чи середні уредініопустули, можливо в хлорозних чи некротичних плямах інтенсивністю до 10%.	Стійкість.
6	Дрібні чи середні уредініопустули, можливо в хлорозних чи некротичних плямах інтенсивністю до 15%.	
5	Інтенсивність уредініопустул до 25% можливо з слабким хлорозом та некрозом.	Слабка сприйнятливість.
4	Середні, великі уредініопустули інтенсивністю до 40% можливо з слабким хлорозом та некрозом.	Сприйнятливість.
3	Інтенсивність уредініопустул до 65%.	

2	Великі, що зливаються уредініопустули інтенсивністю до 90%.	Висока сприйнятливість.
1	Великі, що зливаються уредініопустули інтенсивністю до 100%.	Дуже висока сприйнятливість.

3.3. Оцінити сорти на штучному інфекційному фоні.

Погодні умови років дослідження суттєво впливали на розвиток бурої листової іржі. У 2024 році розвиток хвороби був помірним, тоді як у 2025 році спостерігалася епіфітотія патогена. Підвищена вологість повітря та помірні температури весни і початку літа 2025 року створили сприятливі умови для інтенсивного розвитку хвороби.

У результаті проведених досліджень встановлено, що стійкість до бурої листової іржі проявили сорти «Мелашка», «Мальованка», «Пирятинка», «Ефектна», «Херсонська Фортеця» - української селекції, румунські сорти – «Voinic» і «Semmal», угорський сорт «MV Mente» та чеський сорт «Nordika», які отримали оцінку 7-8 балів. Інтенсивність розвитку уредініопустул у цих сортів була незначною та не перевищувала 10%.

Стандартний сорт «Подольська» в умовах штучного інфекційного фону проявив стійкість на рівні 6 балів. Сорти «Основа одеська», «Відповідь одеська» та «MV Кере» характеризувалися показниками 6-5 балів, що свідчило про стійкість із проявом слабкої сприйнятливості. Оцінку 5 балів отримали сорти «Понтійка», «Новатор» та румунський сорт «Zamolxe». Слабка сприйнятливість (5-4 бали) спостерігалася у сортів «Pitar», «MV Bojtar», «Producent», «Futurum».

Під час епіфітотійного розвитку бурої листової іржі у 2025 році у частини сортів відзначалося зниження рівня стійкості. Ослаблення рослин сприяло посиленню розвитку суспільних листових хвороб, зокрема септоріозу та піреноспорозу. Незважаючи на це, сорти «Мальованка», «Пирятинка»,

«Ефектна», «Херсонська Фортеця» та «Voinic» зберігали стійкість навіть за високого інфекційного навантаження.

До бурої іржі стійкість проявили сорти Мальованка (UKR), Пирятинка (UKR), Ефектна (UKR), Херсонська фортеця (UKR), Voinic (ROU) навіть під час епіфітотії. Інтенсивність розвитку уредініопустул на листках була не більше 15%.

Таблиця 3.2. Результати оцінки стійкості колекції зразків сортів пшениці м'якої озимої до бурої іржі з НЦГРРУ IP НААН в 2025 р.

№	Назва зразка	Країна походження	Ураження збудником бурої іржі, бал	
			2024 рік	2025 рік
1	Мелашка	UKR	4	6
2	Мальованка	UKR	6	6
3	Основа одеська	UKR	7	6/5
4	Відповідь одеська	UKR	7/8	6/5
5	Понтійка	UKR	8/7	5
6	Новатор	UKR	8	5
7	Пирятинка	UKR	8	7
8	Ефектна	UKR	7	7
9	Херсонська Фортеця	UKR	8/9	7
10	Voinic	ROU	8	7/6
11	Pitar	ROU	8	5/4
12	Zamolxe	ROU	8/9	5
13	Semnal	ROU	6	7/8
14	MV Kepe	HUN	8	6/5
15	MV Bojtar	HUN	7	5/4
16	MV Mente	HUN	7	6
17	Nordika	CZE	7	7/8
18	Producent	DEU	8	5/4
19	Futurum	DEU	5/4	5/4
20	Подольанка St	UKR	6	6

Решта сортів були чи слабо сприйнятливими, чи сприйнятливими до дії місцевих популяцій збудників бурої іржі.

Сприйнятливим був сорт Подолянка до збудників бурої іржі.

Значно знизили стійкість під час епіфітотії бурої іржі сорти Основа одеська (UKR), Відповідь одеська (UKR), Понтійка(UKR), Новатор (UKR), Pitar(ROU), Zamolxe(ROU), MV Кеpe (HUN), MV Bojtar(HUN), Producent(DEU) на фоні стійкості до одного чи двох збудників хвороб.

ВИСНОВКИ

У результаті досліджень було встановлено, що штучний інфекційний фон є ефективним методом для оцінки стійкості сортів пшениці озимої до збудника бурої листової іржі. Використання лабораторного методу відокремлених листків, вегетаційного методу в теплиці та польових досліджень дало змогу всебічно оцінити реакцію сортів на ураження патогеном. Погодні умови 2025 року сприяли інтенсивному розвитку бурої листової іржі, що дозволило чітко виявити відмінності між сортами за рівнем стійкості. Найвищу стійкість до збудника проявили сорти «Мальованка», «Пирятинка», «Ефектна», «Херсонська фортеця», «Voinic», які зберігали стійкість навіть за високого інфекційного навантаження. Інтенсивність розвитку уредініопустул у цих сортів не перевищувала 15%, що свідчить про їхню перспективність для подальшого використання у селекційній роботі та виробництві. Водночас частина сортів, зокрема «Основа одеська», «Відповідь одеська», «Понтійка», «Новатор», «Pitar», «Zamolxe», «MV Кеpe», «MV Bojtar», «Producent», знизили рівень стійкості під час епіфітотійного розвитку хвороби. Це свідчить про необхідність подальшого вивчення їхньої реакції до місцевих популяцій збудника бурої іржі та врахування погодних умов при оцінці стійкості.

Отже, проведені дослідження підтвердили, що сорти «Мальованка», «Пирятинка», «Ефектна», «Херсонська фортеця», «Voinic» є найбільш стійкими до бурої листової іржі і можуть бути рекомендовані як цінний вихідний матеріал для селекції пшениці озимої на стійкість до хвороби.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Афанасьєва О. Г., Кириленко В. В., Гуменюк О. В. Ефективні джерела стійкості озимої пшениці в селекції на імунітет. *Захист і карантин рослин*. 2010. Вип. 56. С. 12–20.
2. Бабаянц О. В., Бабаянц Л. Т. Основы селекции и методология оценок устойчивости пшеницы к возбудителям болезней. Одесса : ВМВ, 2014. 401 с. ISBN 978-966-413-479-5.
3. Барабаш Д. Формування продуктивності у китайської пшениці в ННВЦ «Дослідне поле Докучаєвське»: кваліфікаційна (дипломна) робота. Харків, 2024. С. 9–15.
4. Васильківський С. П., Гудзенко В. М., Кочмарський В. С., Кириленко В. В. Реалізація потенціалу сортів зернових культур – шлях вирішення продовольчої проблеми. *Фактори експериментальної еволюції організмів*. 2017. Т. 21. С. 47–51. DOI: <https://doi.org/10.7124/FEEO.v21.805>
5. Демидов О. А., Кириленко В. В., Гуменюк О. В., Лісова Г. М., Дубовик Н. С., Лось Р. М. Метод гібридизації у селекції *Triticum aestivum* L. в умовах центрального Лісостепу України : монографія. Київ : Компрінт, 2022. 265 с. DOI: <https://doi.org/10.31073/978-617-8269-29-6>
6. Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні. *Український інститут експертизи сортів рослин*. URL: <https://sops.gov.ua/derzavnij-reestr> (дата звернення: 20.05.2026).
7. Держпродспоживслужба. Фітосанітарія, контроль у сфері насінництва та розсадництва. Фітосанітарна безпека. Фітосанітарний моніторинг. *Захист рослин*. 2023. URL: <https://dpss.gov.ua/fitosanitariya-kontrol-u-sferi-nasinnictva-ta-rozsadnictva/fitosanitarnij-kontrol/fitosanitarnij-monitoring/zahist-roslin>

8. Жемела Г. П. Рослинництво : підручник. Київ : Вища освіта, 2004. 584 с.
9. ІАС «Аграрії разом» – сайт ефективного агронома та садівника. URL: <https://agrarii-razom.com.ua/> (дата звернення: 20.05.2026).
10. Кірчук Є. І., Алексеєнко Є. В., Голуб Є. А., Гончарук Н. О. Закономірності успадкування ознаки стійкості до бурої іржі при комбінуванні різних генетичних систем контролю ознаки. *Український журнал природничих наук*. 2024. № 7. С. 113–120. DOI: <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.7.2024.12>
11. Леонтьєв Д. В., Акулов О. Ю. Загальна мікологія : підручник для вищих навчальних закладів. Харків : Основа, 2007. 228 с.
12. Лихочвор В. В. Рослинництво. Технології вирощування сільськогосподарських культур. Львів : НВФ «Українські технології», 2002. 800 с.
13. Лісова Г. М., Коновалова С. А. Стійкість майже ізогенних ліній пшениці сорту Thatcher до збудника бурої іржі пшениці (*Puccinia triticina* f. sp. *tritici*) в 2024–2025 рр. *Біотехнологія, генетика та біохімія сільськогосподарських рослин* : Всеукраїнська наукова конференція (м. Одеса, 30 вересня 2025 р.). Одеса, 2025. С. 25–26. URL: <https://sgi.in.ua/vidannya-institutu/materiali-konferencii/>
14. Лісова Г. М., Коновалова С. А., Кириленко В. В. Прояв стійкості сортів пшениці озимої на штучних інфекційних фонах *Puccinia recondita* та *Zymoseptoria tritici*. *Селекція, генетика і технології вирощування сільськогосподарських культур* : XII Міжнар. наук.-практ. конф. молодих вчених і спеціалістів (19 квіт. 2024 р.). Київ 2024. С. 103–104. URL: <https://mip.com.ua/page/730-konferentsii>
15. Лісова Г. М. Ефективність відомих генів стійкості пшениці *Triticum aestivum* L. до збудника бурої іржі пшениці *Puccinia triticina* Eriks. в 2019–2020

pp. *Наукові записки НаУКМА. Біологія і екологія*. 2023. Т. 6. С. 17–26. DOI: <https://doi.org/10.18523/2617-4529.2023.6.17-26>

16. Лісовий М. П., Лісова Г. М. Наукові основи генетичного захисту рослин в Україні. *Захист і карантин рослин*. 2013. Вип. 59. С. 168–175. URL: <http://zkr.ipp.gov.ua/index.php/journal/issue/view/8/59-pdf>

17. НМЦ вищої та фахової передвищої освіти. Бура іржа пшениці. *YouTube*. 2015. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=jyo-rUMHy9o> (дата звернення: 20.05.2026).

18. Пінчук, Н. В., et al. "Загальна фітопатологія." навч. посіб./за ред. НВ Пінчук, ВНАУ.-Вінниця, 2018.-272 с. (2019).

19. Пересипкін В. Ф. Сільськогосподарська фітопатологія : підручник. Київ : Аграрна освіта, 2000. 415 с.

20. Ретьман С., Лісовий М., Борзих О. Реєстраційні випробування фунгіцидів у сільському господарстві : метод. рек. Київ : Фенікс, 2013. 296 с.

21. Ретьман С. В. Плямистості озимої пшениці. Київ : Колобіг, 2010. 232 с.

22. Ретьман С. В. Управління розвитком фітоінфекції. *Карантин і захист рослин*. 2007. № 1. С. 19–20.

23. Система удобрення озимої пшениці. *Агробізнес*. 2016. № 18. URL: <http://www.agro-business.com.ua/agronomiia-siogodni/2180-systemaudobrennia-ozymoi-pshenytsi.html>

24. Сайт Цикл розвитку *Puccinia recondite*
https://www.researchgate.net/figure/The-life-cycle-of-Puccinia-striiformis-f-sp-tritici-Stage-0-the-Pycnial-stage-and_fig1_341890829