

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Факультет захисту рослин, біотехнологій та екології

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри
фітопатології імені
академіка В.Ф. Пересипкіна

_____ Дмитро ГЕНТОШ

«_____» _____ 2025 р.

БАКАЛАВРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему «Моніторинг іржі ячменю»

Спеціальність 202 «Захист і карантин рослин»

Гарант освітньої програми

Доктор сільськогосподарських наук,

професор, професор кафедри

фітопатології ім. акад. В.Ф. Пересипкіна _____ Мирослав ПІКОВСЬКИЙ
(підпис)

Керівник бакалаврської кваліфікаційної роботи

кандидат сільськогосподарських наук,

доцент, завідувач кафедри

фітопатології ім. акад. В.Ф. Пересипкіна _____ Дмитро ГЕНТОШ
(підпис)

Виконав

_____ Вадим ЄРКО
(підпис)

Київ – 2025

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Факультет захисту рослин, біотехнологій та екології

Кафедра фітопатології ім. акад. В.Ф. Пересипкіна

Освітній ступінь «Бакалавр»

Спеціальність 202 «Захист і карантин рослин»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри фітопатології

ім. акад. В.Ф. Пересипкіна

_____ Гентош Д.Т.

«_____» _____ 2025 р.

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

Єрка Вадима Вадимовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Моніторинг іржі ячменю»

керівник роботи Гентош Дмитро Тарасович канддат с.-г. наук, доцент,

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

2. Строк подання студентом роботи 20 травня 2025 року

3. Вихідні дані до роботи: вика яра, сорт, препарати, борошниста роса,
розвиток хвороби.

4. Перелік питань, які потрібно розробити:

4.1 Діагностика і моніторинг іржі ячменю.

4.2 Стійкість сортів ячменю ярого до іржі.

4.3 Шкідливість іржі ячменю ярого.

Студент

_____ Єрко В.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ Гентош Д.Т.
(підпис) (прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

ЗМІСТ	4
ВСТУП	5
РОЗДІЛ 1.ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ	7
1.1.Народногосподарське значення культури	7
1.2. Морфобіологічні та екологічні особливості культури	9
1.3.Історія вивчення шкідливого об'єкта	12
1.4. Поширення та шкідливість хвороби	16
1.5. Зовнішні симптоми проявлення хвороби	19
1.6. Біологічні особливості збудника хвороби	23
1.7. Система заходів захисту від хвороби	27
РОЗДІЛ 2. ГРУНТОВО-КЛІМАТИЧНІ УМОВИ ТА МЕТОДИ	31
ДОСЛІДЖЕНЬ	31
РОЗДІЛ 3.МОНІТОРИНГ ІРЖІ ЯЧМЕНЮ ЯРОГО	37
РОЗДІЛ 4. СОРТОВА СТІЙКІСТЬ ЯЧМЕНЮ ЯРОГО ПРОТИ	42
ІРЖАСТИХ ХВОРОБ	42
ВИСНОВКИ	45
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	46

ВСТУП

Актуальність вибраної теми дослідження зумовлена шкідливістю іржі ячменю, які щороку завдають значних втрат.

Ячмінь ярий є ключовою зерновою культурою у глобальному виробництві харчових і кормових ресурсів, посідаючи четверте місце після пшениці, рису та кукурудзи [14, с. 5]

Це одна з найдавніших культур, відома ще в Єгипті та Середземномор'ї, де її використовували для хліба та пива [14, с. 7]

В Україні ячмінь відомий ще з часів Трипільської культури (III–IV ст. до н.е.) [10, с. 116]

Господарське значення полягає у використанні зерна для харчових продуктів, кормів та пивоваріння. Ячмінь — джерело концентрованого корму (1,2 корм. од. на 1 кг), а також сировина для солодових екстрактів і технічних цілей [14, с. 116]

. Солома й солома — добрий корм для великої рогатої худоби. Культура вирізняється посухостійкістю, що робить її перспективною для розширення посівів у фуражному напрямі [10, с. 117]

Цінність зерна ячменю визначається в харчовому, зернофуражному й технічному відношенні, високою врожайністю, невибагливістю до умов середовища й вирощування [5 с. 16], а у зв'язку з глобальними кліматичними змінами зростає значення стійких до хвороб сортів ячменю ярого, особливо до іржі, яка завдає значних економічних втрат. Необхідність вивчення різних видів ячменю та їхньої резистентності до патогенів обумовлена пошуком нових джерел стійкості, адаптованих до умов України

У 2014 році було вироблено майже 150 мільйонів тонн ячменю на майже 50 мільйонах гектарів, із середньою світовою врожайністю близько 3 тонн/га. Найбільші виробники ячменю — Франція, Німеччина, Австралія, Україна,

Велика Британія, Канада, Туреччина, Іспанія та Аргентина. Водночас врожайність у Австралії становила близько 2,5 т/га, тоді як у Франції та Німеччині перевищувала 6 т/га [35, с. 1–10]

В Україні ячмінь — друга за площею посівів зернова культура. Ярий ячмінь займає 3,5–4 млн га, озимий — 1,0–1,2 млн га [12, с. 14]

Втрати врожаю ячменю ярого від листових хвороб становлять 10–15 %, а в окремі роки — 30–35 % [12, с. 15]

Втрата врожаю в дослідях на полях із використанням фунгіцидів сягала до 30 %. Хоча точні дані про втрати на реальних посівах обмежені, втрати в межах 10–20 %, принаймні частково пов'язані з іржею, були зафіксовані в Новій Зеландії та Англії [31, с. 448–449]

Основні хвороби: борошниста роса, іржа, плямистості, кореневі гнилі, тверда і летюча сажки [6, с. 36–38]

. Листкова іржа — одна з найшкідливіших хвороб, із втратами врожаю до 62 % у сприйнятливих сортів [20, с. 1336]

Іржа злаків становить потенційно серйозну загрозу для зернових культур і вже спричинила значні втрати урожаю пшениці, вівса, ячменю та інших споріднених культур [19, с. xvii]

. Періодично серйозні та хронічно руйнівні епідемії іржі злаків вражали людство з самих початків землеробства [19, с. xvii–xviii]

Захист культури від хвороб є необхідною умовою стабільного врожаю. Система інтегрованого захисту включає селекційно-генетичні, агротехнічні, фітосанітарні, хімічні та біологічні заходи [6, с. 145–150]

Досягнення науки та передової практики реалізуються через фітопатологічний моніторинг, ранню діагностику патогенів, застосування фунгіцидів за прогнозом, агротехнічну профілактику та адаптовані сорти ячменю з підтвердженою резистентністю до збудників [8, с. 200–205]

РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1. Народногосподарське значення культури

Культура ячмінь має важливе стратегічне і глобальне значення в аграрному виробництві. У даному розділі особливій увазі приділене використанню ячменю. Наведена далі інформація дозволяє Ячмінь (*Hordeum vulgare*) — одна з найдавніших культур, яку вирощували з початку сільського господарства [18, с. 481]. У 2012 році його виробництво склало 133 млн тонн з площі 50 млн га [29, с. 565–566]. Він посідає четверте місце у світовому виробництві зернових після пшениці, рису та кукурудзи [27, с. 8].

Культуру вирощують у понад 100 країнах, включаючи екстремальні умови північних широт, високогір'я, посушливі та засолені ґрунти [24, с. 1–2]. У багатьох регіонах ячмінь — основа сільського господарства виживання [18, с. 481].

У світі близько 70% ячменю використовують на корм тваринам [16, с. 164], 25% — для солоду й спиртів [40, с. 4], а 5% — для харчування людей [16, с. 164]. У США понад половину врожаю використовують для корму худоби [40, с. 4]. У зерні містяться вуглеводи, білок, кальцій, фосфор і вітаміни групи В [40, с. 4].

В Україні ячмінь — друга за площею зернова культура [12, с. 14]. Озимий ячмінь дає вищий урожай, краще переносить посуху й спеку [12, с. 14]. Ячмінь є провідною фуражною культурою завдяки збалансованому амінокислотному складу [12, с. 15]. Площі ярого ячменю сягають 3,5–4 млн га [12, с. 15].

Середня врожайність зростає завдяки селекції — близько 0,5% на рік [26, с. 3]. Основними завданнями є підвищення врожайності, стійкості до хвороб, міцності соломи, зимостійкості, якості білка, крохмалю і пивоварних

властивостей [26, с. 4]. В Інституті рослинництва ім. В.Я. Юр'єва створено сорти голозерного ячменю для дієтичного харчування [12, с. 7].

Склад зерна: крохмаль (50–65% сухої маси), білок (10–16%), β -глюкан (3–6%), розчинна клітковина (5–7%), загальна клітковина (13–22%) [33, с. 6]. β -глюкан знижує рівень холестерину та глікемічний індекс [18, с. 481]. Ячмінь містить вітамін Е і токоли, що мають антиоксидантну дію [33, с. 6].

Із зерна та соломи виробляють крупи, борошно, супи, хліб, пиво, солодові продукти [24, с. 1–2], а також етанол, метанол, біопаливо, папір, тканини [8, с. 8; 27, с. 482]. Солому також використовують як підстилку, мульчу або біорозкладний матеріал [18, с. 482],[33, с. 8].

Пивоварна галузь стимулює селекцію. Наприклад, у ЄС діє Європейська пивоварна конвенція, яка тестує нові сорти в 12 країнах [22, с. 66–67]. Подібну роль виконують національні асоціації у Франції, Нідерландах, США [22, с. 210–211].

Ячмінь — модельна рослина для досліджень у генетиці, фізіології, біохімії та біотехнології [23, с. xviii; 22, с. 1]. З нього починались багато ключових напрямів у селекції культур [26, с. 3]. Першу класифікацію створив Лінней у 1753 році [30, с. 1].

Ячмінь менш вимогливий до ґрунтів і добрив, ніж пшениця чи кукурудза, що робить його економічно вигідним для вирощування навіть за мінімальної інтенсифікації [26, с. 3–4]. У Степу і Лісостепу найкращі попередники — пшениця, кукурудза, бобові, ріпак [8, с. 203–204].

Сіють ярий ячмінь рано — після зяблевої оранки і весняної культивуації [6, с. 36]. Основні хвороби — борошниста роса, іржа, плямистості, сажки [6, с. 36–38].

Втрати врожаю через листові хвороби можуть сягати 30–35% [12, с. 15]. Іржа особливо шкідлива у прохолодному кліматі, втрати можуть сягати 30% без обробки [39, с. 1–2].

Біофортифікація — новий підхід до вирішення мікронутрієнтного голоду. Мета — підвищення вмісту заліза, цинку та біодоступності поживних речовин у зерні [23, с. xviii].

На основі літератури варто зазначити що ячмінь має не тільки важливе значення на теперішній момент, але й великий потенціал для подальшого розвитку. Особливо цінні його характеристики.

1.2. Морфобіологічні та екологічні особливості культури

У цьому розділі розглянуто біоморфологічні ознаки ячменю. Це дозволяє дослідити адаптивні можливості культури.

Ячмінь (*Hordeum vulgare*) — однорічна злакова культура родини Poaceae, яка характеризується значною морфологічною мінливістю. Сорти можуть істотно відрізнятися за морфологічними ознаками навіть у межах чистих ліній [18, с. 1]. Така пластичність дозволила адаптувати ячмінь до широкого спектра кліматичних і ґрунтових умов.

За типом колосу ячмінь класифікується на дворядний (*Hordeum distichum*) [40, с. 2], у якого плідні тільки центральні колоски, і шестирядний (*Hordeum vulgare*) [27, с. 6–7], де всі три колоски кожного вузла фертильні. Існує також третій тип — *Hordeum irregulare*, з непостійним плодоношенням бічних колосків [40, с. 2]. За характером росту розрізняють ярі, озимі та факультативні форми [16, с. 164].

За типом зерна ячмінь поділяють на плівчастий і голозерний. У першого лема й палеа зростаються з перикарпом, тоді як у другого лезга легко відділяється [16, с. 164]. Голозерні сорти мають вищу поживну цінність і частіше використовуються в харчуванні людини [16, с. 164].

Зернівка має веретеноподібну форму із заглибленим жолобком на вентральному боці [18, с. 1]. Основну масу зерна становить ендосперм, у якому крохмальні зерна вмонтовані в білкову матрицю. В центральній частині ендосперму крохмалу більше, у субалейроновій зоні — білка [18, с. 6–9].

Алейроновий шар, що прилягає до ендосперму, складається з кубічних клітин із товстими стінками. Він містить численні органели і виконує важливу роль у ферментативних процесах проростання [18, с. 6–9]. Щиток, розташований між зародком і ендоспермом, всмоктує поживні речовини і транспортує їх до зародка [18, с. 14–19]. У структурі зародка є апікальна меристема, кілька листків, колеоптиль, колеориза, проваскулярні пучки й зачатки коренів [18, с. 14–19].

Коренева система ячменю складається з двох типів коренів: первинних (сім'ядольних) і вторинних (адвентиційних) [18, с. 25–29]. Первинні корені розвиваються з колеоризи та мають глибоке проникнення і розгалуження. Адвентиційні, що виходять із зони крони, спочатку ростуть горизонтально, формуючи основний об'єм живлення [18, с. 25–29]. У сухих регіонах вони набувають ксерофітної будови, у вологих — мезофітної [18, с. 25–29].

Стебло ячменю сегментоване вузлами та міжвузлями, до яких прикріплюється листя. На межі піхви і листкової пластинки утворюються вушка (*auricles*) і прозорий язичок (*ligule*), що щільно облягає стебло [18, с. 22–24]. Це захищає рослину від потрапляння вологи та шкідників. Листкова пластинка має центральне ребро і V-подібну форму, а також жолобки з великими клітинами в основі — аналогами моторних, які регулюють згортання листків у відповідь на посуху [18, с. 22–24].

Куціння — важливий етап розвитку, коли формується кількість продуктивних пагонів. Воно безпосередньо впливає на рівень майбутньої врожайності [26, с. 110]. Ячмінь розмножується статеву, переважно

самозапиленням всередині квітки [22, с. 123]. У деяких умовах можливе часткове перехресне запилення, залежне від погодних чинників [22, с. 123].

Усі культурні форми ячменю є однорічними, оскільки не мають органів багаторічного відновлення [22, с. 118]. Генетично ячмінь — диплоїд, з числом хромосом $2n = 14$ [24, с. 1–2]. Це дозволяє ефективно проводити генетичні й селекційні дослідження [27, с. 6–7].

Географія вирощування ячменю охоплює широку зону: від екватора до 70° північної широти — включаючи Скандинавію, Палестину, Східну Африку, високогір'я Гімалаїв і тропіки [18, с. xv]. У тропічних і субтропічних регіонах ячмінь вирощується на великих висотах, а в аридних умовах він пристосовується через скорочення вегетаційного періоду [22, с. 116].

Ячмінь має високу толерантність до стресових умов: посухи, спеки, засолених і маргінальних ґрунтів. Це дозволяє вирощувати його на територіях, непридатних для більшості інших злакових культур [16, с. 164; 14, с. 1–10]. Саме через це ячмінь називають "культурою бідняка" [16, с. 164].

Ґрунтові умови відіграють ключову роль у формуванні урожайності. Оптимальні ґрунти — добре дреновані, з високою родючістю. Пивоварний ячмінь особливо чутливий до якості ґрунту. Водночас вирощування на важких глинах, кислих торфовищах і дефіцитних за мінералами ґрунтах не рекомендується [22, с. 116].

Біохімічно ячмінь багатий на харчові волокна (до 20%), включаючи β-глюкан (3–7%), що знижує рівень холестерину, сповільнює засвоєння поживних речовин, і є корисним при діабеті [16, с. 164]. Білок ячменю має низький вміст глютену, що робить його безпечним для людей із целиакією [12, с. 7, 17]. Основним вуглеводом є крохмаль, складений із амілопектину й амілози (в співвідношенні 3:1) [12, с. 7, 17].

Сорти з модифікованим складом крохмалю (воскові — з високим вмістом амілопектину, високоамілозні — понад 40% амілози) мають високу антиоксидантну активність [12, с. 7, 17]. Ліпіди становлять близько 3–4%, а жирнокислотний склад збагачений ліноленовою кислотою ω -3 — найвищою серед усіх зернових культур [12, с. 7, 17].

Історично ячмінь був одомашнений 10–15 тисяч років тому в межах Родючого Півмісяця — з дикого виду *Hordeum spontaneum* [26, с. 4–5].

Археологічні знахідки свідчать про культивування ячменю близько 8000 р. до н.е. в Азії, Африці, Єгипті, Китаї, Європі [30, с. 2–4]. Протягом останніх десятиліть найбільшими виробниками ячменю стали Франція, Німеччина, Україна, Канада, Австралія, Туреччина, Аргентина [35, с. 1–10].

Ознайомлення з морфологічними та біологічними характеристиками ячменю дає розуміння при виборі сортів залежно від конкретних умов агротехнічних прийомів та клімату.

1.3. Історія вивчення шкідливого об'єкта

Для формування уявлення про захист проти хвороби доцільне вивчення історії. Це дає змогу не тільки простежити формування захисних прийомів, а й виявити значення хвороби для аграріїв.

Перші згадки про іржу ячменю походять з античних часів. Уже в IV ст. до н.е. Теофраст описував хворобу, яку, ймовірно, спричиняла іржа, а в I ст. н.е. римський агроном Колумела радив молитися богу Рубіго для захисту врожаю [18, с. 3].

У XVII столітті вперше помітили зв'язок між бурими плямами на рослинах та сезонністю. У 1729 році Дж. Міллер дав одне з перших ботанічних описів іржі ячменю як грибного захворювання [18, с. 4]. Пізніше, у XVIII–XIX ст., стало очевидно, що іржа має складний життєвий цикл і може паразитувати на різних стадіях рослини.

На початку ХХ ст. дослідники почали вивчати патогени ячменю окремо від пшениці. У 1904 році Еріксон провів перші ґрунтовні спостереження за ознаками іржі саме на ячмені [18, с. 5]. У 1918 році Болл уперше повідомив про різні типи уредоспор на ячмені [18, с. 6].

Дослідження в 1920–30-х роках дали підстави вважати, що іржа ячменю має вузьку спеціалізацію — окремі раси можуть уражати лише *Hordeum* spp. У 1931 році Гарпер і Прайс довели морфологічні відмінності урединій на *Hordeum vulgare* порівняно з іншими злаками [18, с. 6]. Це стало основою для подальшого виокремлення форми *Puccinia striiformis* f. sp. *hordei*.

У 1940–50-х рр. вчені з Канади та США почали активно вивчати расову структуру збудників іржі ячменю. Було виявлено велику мінливість патогенів, що ускладнило створення стійких сортів. У 1950-х рр. підтверджено, що *P. hordei* та *P. striiformis* мають окремі форми, специфічні для ячменю [18, с. 7].

У 1960–70-х рр. відбувається інтенсивне вивчення епідеміології. Дослідження виявили географічні особливості поширення рас і варіації у ступені агресивності збудників [18, с. 8]. Наприклад, у Південній Азії домінували раси, які давали слабкі урединії, а в Північній Європі — великі, швидкозростаючі форми.

У 1980-х рр. визначено, що форми іржі, що уражають ячмінь, не інфікують пшеницю, овес чи жито. Це дозволило офіційно класифікувати їх як *forma specialis hordei* [18, с. 9].

У 1985 р. вийшов фундаментальний том *The Cereal Rusts. Volume II*, де було вперше систематизовано дані про збудників іржі ячменю: *Puccinia hordei* — збудник бруї іржі, *Puccinia striiformis* f. sp. *hordei* — збудник жовтої, *Puccinia graminis* f. sp. *secalis* — іноді уражає ячмінь в умовах підвищеної вологості [31, с. 290–293].

Дослідження 1990-х років були спрямовані на вивчення фізіологічної спеціалізації збудників та диференціацію між популяціями в Азії, Європі та Північній Америці. Було встановлено, що форми жовтої іржі на ячмені (*P. striiformis* f. sp. *hordei*) відрізняються від пшеничних як генетично, так і за симптомами [39, с. 70].

З 2000-х років активізувались молекулярно-генетичні дослідження. Встановлено генетичні маркери рас *P. striiformis* f. sp. *hordei*. У США виявлено понад 20 рас, більшість яких уражають лише ячмінь [39, с. 71]. У той же період в Китаї, Індії, Ірані виявлено локальні популяції патогену з високою вірулентністю [18, с. 11].

Станом на 2010–ті роки ключовими регіонами дослідження іржі ячменю стали Вашингтон (США), Північний Іран, Туреччина, Австралія, Індія. Сучасні підходи поєднують польову діагностику з молекулярним типуванням патогенів [39, с. 73].

Уточнено генетичну межу між *p. striiformis* f. sp. *tritici* та f. sp. *hordei* як чітко розмежовану [39, с. 74].

В Україні одним із видних дослідників 1897 року був А.А. Потебня, який установив зв'язок між несправжніми і сумчастими грибами. На підставі цих досліджень він запропонував систематику несправжніх грибів [2, с. 116].

В Україні цілеспрямоване вивчення іржі ячменю активізувалося в 2000-х рр. Науковці Національного університету біоресурсів і природокористування (НУБіП) та Інституту захисту рослин фіксували періодичні спалахи бурої іржі у Лісостепу [8, с. 203–204].

Наразі іржа ячменю залишається об'єктом активного міжнародного вивчення. Дані про вірулентність, епідеміологію та резистентність постійно оновлюються через глобальні моніторингові програми [18, с. 12].

Історія свідчить про те що знання які стосуються іржі розширилися з плином часу та стали підґрунтям для сучасних систем контролю.

1.4. Поширення та шкідливість хвороби

У цьому розділі розглянуто географію поширення іржі ячменю та наслідки хвороби для культуру.

Іржа ячменю є однією з найпоширеніших та найнебезпечніших грибних хвороб культури. Вона викликає значні втрати врожаю через порушення процесів фотосинтезу, водного та азотного обміну, зниження хлорофілу, пришвидшене старіння листя, ослаблення кушення та зменшення маси зерна [6, с. 78]. За ураження понад 50% листової поверхні фотосинтез знижується вдвічі, що призводить до втрат урожаю до 15–20%, іноді — 50% і більше [11, с. 77].

Найбільш шкідливою вважається бура (листова) іржа ячменю, збудником якої є *Puccinia hordei*. Вона поширена в країнах Європи, Північній Африці, Америці, Австралії, Новій Зеландії, а також у регіонах Близького Сходу [29, с. 568]. У США та Австралії середні втрати врожаю без захисту сягають 20–30%, а за епіфітотійних умов — понад 60% [31, с. 173–174; 29, с. 568].

Сприятливими умовами для розвитку бурої іржі є температура 10–20 °С, висока відносна вологість (понад 95%), часті роси, помірна густина посівів і м'яка зима. Інкубаційний період за оптимальних умов триває 7–10 днів, після чого масово формуються уредоспори [31, с. 179–182]. Внаслідок захворювання зменшується маса зерна, погіршується якість солоду, знижується вміст білка [31, с. 448–449].

Географічно іржа поширюється повітряними потоками на сотні кілометрів. Наприклад, у Північній Америці стеблова іржа поширюється щороку з Мексики до Канади так званою “стебловою дорогою” [18, с. 355]. У тропічних та субтропічних зонах патоген перезимовує на падалиці та озимих посівах. У регіонах із м'яким кліматом інфекція накопичується протягом зими і переходить на нові посіви навесні [18, с. 356].

Ураження бурою іржею також сприяє зниженню зимостійкості, підвищенню втрат від інших патогенів, порушенню водного режиму. Надмірне азотне живлення та щільні посіви підсилюють розвиток хвороби [37, с. 142].

Жовта (штрихова) іржа, викликана *Puccinia striiformis f. sp. hordei*, уражає листову поверхню у вигляді жовтих смуг уздовж жилок. Вперше її зафіксовано в 1975 р. у Колумбії, згодом вона поширилася до Мексики та США (1991 р.) [20, с. 1336]. Хвороба швидко прогресує у прохолодному та вологому кліматі (оптимум: 2–15 °С, вологість ≥ 10 год). Поширена в гірських районах тропіків, північному заході США, Китаї, Індії [16, с. 167]. За інтенсивного ураження втрати врожаю перевищують 30% [20, с. 1336].

Жовта іржа спричиняє зменшення кількості зерен у колосі, зниження маси тисячі зерен, зморщення насіння та передчасне відмирання листків. У США протягом 4 років після першого виявлення вона поширилася на 13 штатів [20, с. 1336].

Менш поширена, але потенційно небезпечна смугаста (східна) іржа ячменю (*P. glumarum*) виявлена в регіонах із вологим і прохолодним кліматом: Скандинавії, Прибалтиці, північному заході США, Канаді, на Тибеті, у горах Афганістану [22, с. 196]. Її симптоми схожі на жовту іржу, але мають характерне вузьке розташування лінійних пустул.

Стеблова іржа (*P. graminis f. sp. secalis*) менш поширена на ячмені, але в окремих регіонах (Кенія, Ефіопія, Північна Америка) призводить до повного вилягання та загибелі посівів [18, с. 356]. У Кенії вона присутня постійно, у США — спорадично, але може розвиватися вибухоподібно у роки з рясними опадами [40, с. 3].

Симптоми брурої іржі — розкидані рудуваті уредопустули на листках, піхвах, іноді остюках; жовтої — паралельні смуги яскраво-жовтих пустул

уздовж жилок; стебловій — темні подовжені пустули на стеблі [32, с. 12]. За масового ураження листки жовтіють, формуються “зелені острови”, зменшується продуктивність фотосинтезу на 40–60% [32, с. 12].

Інфекція зберігається переважно на падалиці, ранніх озимих посівах, рослинних рештках. Теліоспори формуються пізно й рідко беруть участь у перезимівлі, однак є джерелом базидіоспор у наступному сезоні [35, S1]. У Лісостепу України за м'якої зими і вологої весни ураження може сягати 60%, як це зафіксовано на сорті Миронівська 10 [25, с. 16].

Особливу шкідливість іржа проявляє у поєднанні з іншими хворобами — плямистостями, гельмінтоспоріозами, септоріозами, що утруднює діагностику і підсилює втрати [38, с. 7–8, 57].

Існують приклади зміни рас патогенів протягом 2–3 сезонів. У Європі виявлено нові раси *P. hordei*, стійкі до раніше ефективних генів. Польові сорти з високим ступенем толерантності (наприклад, Triumph, Alexis) знижували втрати на 20–30% порівняно з чутливими [35, S1; 11, с. 59].

У дослідженнях доведено, що інтенсивність розвитку іржі посилюється за умов тривалого зволоження поверхні листя, особливо за вечірніх рос [17, с. 88]. Зрошення у вечірній час у південних регіонах сприяє швидкому переходу хвороби з латентної фази в масове ураження.

У Центральній Європі найбільш сприятливі умови для розвитку іржі — при температурі повітря 16–20 °C і тривалості вологої фази 12–16 год. Встановлено, що спалахи часто збігаються з фазою виходу в трубку, коли зменшується захисна активність фенольних сполук [26, с. 95].

Захворювання особливо активне у високих густотах стояння, при перевищенні рекомендованих норм висіву. Загущення рослин створює мікроклімат із підвищеною вологістю, що активізує спороношення патогенів [32, с. 60].

При огляді літератури стало зрозуміло, що рівень шкідливості є високим, а також визначено фактори і особливості поширення.

1.5. Зовнішні симптоми проявлення хвороби

Численні дрібні круглі жовті до оранжево-коричневих пустули літньої, уредіальної стадії, розкидані по листових пластинках і піхвах. Уредоспори поширюють хворобу. Наприкінці літа виникає чорна теліальна стадія, коли формуються сіро-свинцеві пустули, ще прикриті епідермісом листка. Після проростання спор утворюється короткий відрісток міцелію, який подовжується до продиху, де потовщується й прикріплюється, утворюючи апресорій. Тонка інфекційна гіфа потім проникає в хазяїна через продих і потовщується у підпродиховій порожнині. Утворюються гілки, які вразливих рослинах швидко проникають у клітини та утворюють гаусторії. У несумісних хазяях гаусторії можуть не утворитися або утворення зупиняється. Часто гриб ушкоджує клітини, які відмирають, залишаючи некротичні плями навколо місць проникнення. Гіперчутливість часто асоціюється зі стійкістю, але, як і при борошністій росі, неясно, чи є швидкий локальний некроз причиною стійкості. Системні фунгіциди, наприклад бензоданіл, можуть забезпечити ефективний контроль бурої та жовтої іржі. На чутливих сортах уредоспори проростають і поширюються по листку, формуючи й випускаючи нові спори. На стійких сортах, відбувається швидкий гіперчутливий некроз тканин ячменю, які контактують із паразитом, що веде до повного знищення міцелію та зупинки інфекції. У сорусах формуються два типи спор: уредоспори, теліоспори. На листках, стеблах або колосках формуються паралельні ряди блідо- до оранжевожовтих пустул. Вони можуть бути розташовані настільки близько одна до одної, що здаються суцільними смугами. Листки можуть передчасно в'янути; зерна дрібні та зморщені. Наприкінці літа утворюються бурі або чорні

пустули з теліоспорами, і смуги темніють. Теліоспори проростають навесні з утворенням споридій [18, с. 355–357].

Смуриста іржа ячменю та багатьох інших злаків, викликана *Puccinia glumarum*. Симптоми на листках — це жовті смуги злитих уредій, що розвиваються у мезофільній тканині між жилками. Уредії також з'являються у лінійному розташуванні на внутрішній та зовнішній поверхнях леми та палії. Стеблова іржа ячменю, викликана *Puccinia graminis*: круглі до великих, видовжено-овальні уредії виникають на листках і стеблах. Кутикула епідермісу рослини-господаря зазвичай відігнута і помітна навколо уредії. Голі телії зазвичай утворюються пізніше в тих же місцях, де й уредії. Листкова іржа ячменю, викликана *Puccinia hordei*, також звана *P. anomala*: малі, круглі, цитриново-жовті уредії на листових пластинках чітко відрізняються за розміром і кольором від уредій інших двох видів іржі ячменю [22, с. 196–197].

Ураження плямистостями *Rhynchosporium secalis* і *Drechslera teres* спостерігалось на окремих листках, зокрема на нижніх ярусах рослин ячменю. Симптоми проявлялися у вигляді некротичних плям, які поступово поширювалися по поверхні листка. Уражені ділянки могли перекриватися, що ускладнювало ідентифікацію окремих патогенів. Також відзначали передчасне відмирання листя [38, с. 56–57].

Інфікування спричиняє колапс мезофільних клітин, що видно на поверхні листка як водяне просочування та обварювання тканин. Формування конідій на стромі призводить до розщеплення кутикули, тим самим поверхнево оголюючи строму [38, с. 16].

Пустули уредіній жовто-помаранчевого кольору розташовані смугами на листках. Ураження частково системне, тому смуги розширюються в міру розвитку хвороби. При дозріванні рослини телії чорного кольору утворюються з уредій [20, с. 1336].

Поява окремих пустул оранжево-коричневого кольору розміром 0,5–1,0 мм на листках. Випадкове розташування пустул на листках (не смугасте, як у жовтої іржі). Ураження стебел і остюків при сильній інфекції. Поява «зелених острівців» навколо пустул при старінні листків. Наприкінці сезону інколи утворення темних теліоспор [25, с. 12–13].

На ячмені іржа проявляється як дрібні (до 0.5 мм) оранжево-коричневі урединії, які затемнюються з віком. Вони супроводжуються жовтуватими хлоротичними ореолами. Переважно локалізовані на верхній стороні листків, але можуть бути і на нижній, а також на листкових піхвах. При сильному ураженні можуть з'явитися ураження на стеблі, остюках, і навіть на колосках. Пізніше в сезоні формуються телії — чорнувато-коричневі смуги, часто на піхвах листків, рідше на стеблах і листках. Вони довго залишаються вкритими епідермісом. У разі важкого перебігу захворювання — листя відмирає передчасно [31, с. 174–175, 323–324].

На листках з'являються жовтувато-оранжеві смуги з урединіями — спороносними структурами збудника. Симптоми можуть включати некротичні плями або хлороз, а при важких ураженнях — сильне спороношення та втрату фотосинтетичної активності [39, с. 2–3].

Жовта іржа (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*): жовто-оранжеві пустули, що формують смуги на листках та остюках. Іржа листків (*Puccinia triticina*): червонувато-коричневі пустули. Стеблова іржа (*Puccinia graminis* f. sp. *tritici*): темно-червонувато-коричневі пустули, що переважно розташовані на стеблах [37, с. 4–5].

Хвороба проявляється у вигляді дрібних оранжево-коричневих пустул (урединій) до 0.5 мм на листках і піхвах листків. Часто навколо них спостерігаються зелені “острови” або хлоротичні ореоли. Пізніше утворюються

чорнувато-коричневі телії — зазвичай смугасті. У важких випадках уражуються стебла, остюки та колоски [29, с. 566–567].

Макроскопічні симптоми іржі на пшениці включають довгі, відкриті урединії, характерні для варіанту *P. graminis* var. *graminis*. У варіанту *stakmanii* (який уражує ячмінь, жито і овес) урединії менші, але чітко диференційовані. Телії можуть відрізнятися за розмірами спорангіїв і кількістю пор. Це дозволяє розрізнити види за морфологічними ознаками, хоча симптоми можуть змінюватися залежно від умов вирощування [19, с. 87].

У тепличному дослідженні через дев'ять днів після інокуляції були виявлені симптоми іржі та розвиток пустул на ізолятах з Амбо, Куні, Гемечіс і Тулло, і площа та кількість пустул від 9-го до 23-го дня поступово зростала. Після 23-го дня весь процес зараження припинився, і прогрес хвороби локалізувався. Починаючи з 14-го до 23-го дня всі листки, заражені урединіоспорами *P. abrupta* var. *partheniicola*, піддавалися швидкому старінню (сенесценції) і після 28-го дня спостерігалось повне опадання листя. Також було відмічено, що всі нові листки, які утворилися після інокуляції, залишалися здоровими. У експерименті було виявлено, що *P. abrupta* колонізує всю поверхню листя і стебел партеніуму, що перешкоджає газообміну та проникненню світла, необхідним для фотосинтезу, а також сприяє швидкому окисленню вуглеводних резервів у рослині [17, с. 340–342].

Від фази колосіння до формування зерна відмічали інтенсивний розвиток хвороб. Розвиток борошнистої роси на рослинах пшениці ярої у фазу колосіння становив 9,7 і 5,8 %, септоріозу листя – 6,1 і 5,2 %, септоріозу колосу – 5,5 і 5,2 %, жовтої іржі – 12,4 і 8,7 %, бурої іржі – 14,6 і 10,7 %, відповідно у сортів Трізо і КВС Шірокко. За даними подальших спостережень, у період формування зерна–молочної стиглості, розповсюдженість хвороб на рослинах пшениці ярої, крім борошнистої роси, збільшувалася. Так, ураженість

борошнистою россою становила 9,3 і 5,6 %, септоріозу листя – 9,7 і 8,3 %, септоріозу колосу – 9,4 і 8,9 %, жовтої іржі – 15,8 і 10,9 %, бурої іржі – 17,5 і 13,7 %, фузаріозу колоса – 7,4 і 5,3 % [12, с. 0].

Вплив на поширення і складність іржі надавав і розвиток давнього землеробства: злиття екологічно або географічно ізольованих трав, чий іржі ще не досягли генетичної ізоляції, призвело до створення деяких ірж зі складнішими генотипами і розширеним спектром господарів. Рання селекція алополіплоїдних злаків (пшениці та вівса), кульмінацією якої стали гексаплоїдна *Triticum aestivum* L. та *Avena sativa* L., об'єднала геноми диплоїдних предків, що сприяло розвитку іржі, здатної заражати кілька різних видів. Руйнування лісових масивів і розвиток пасовищних екосистем у Центральній Європі (від часів неоліту) дозволили залишковим трав'яним популяціям зберігати тісні екологічні взаємозв'язки. Це сприяло постійній циркуляції генів між біотипами іржі й запобігало їхній повній специфікації [32, с. 98–99].

1.6. Біологічні особливості збудника хвороби

Розуміння біології патогена дозволяє сформувати систему захисту ячменю — у підрозділі розглянуто морфологія механізми та сам патогенез.

Збудниками іржастих хвороб ячменю є базидіоміцети класу *Urediniomycetes*, ряду *Uredinales*, які належать до родини *Pucciniaceae* [40, с. 2]. Їх розвиток проходить за складним циклом зі зміною кількох типів спор і, для деяких видів, — зміною рослини-господаря.

Найважливішими патогенами ячменю є три види: *Puccinia hordei* — збудник бурої (листяної) іржі; *Puccinia graminis f. sp. secalis* — стеблова іржа; *Puccinia striiformis f. sp. hordei* — жовта іржа [31, с. 290–293].

Бура іржа ячменю (*Puccinia hordei*) є макроциклічним і автоектичним патогеном, тобто проходить повний цикл розвитку без зміни господаря [29, с. 565]. У циклі розвитку виділяють 5 стадій спороношення: спермогонії, ецидії, урединії, телії та базидії. Проте в польових умовах у *P. hordei* зазвичай не спостерігається ецидіальна стадія, а основними є урединії та телії [29, с. 565].

Урединії — найактивніша стадія поширення: вони формуються на верхній стороні листків ячменю, мають овальну або витягнуту форму, жовто-оранжевий колір і тонкі стінки [31, с. 291]. Уредоспори легко поширюються вітром і здатні інфікувати рослини при вологості повітря >95% та температурі 10–20 °С [31, с. 179].

Телії формуються на пізніх стадіях вегетації і є структурою для перезимівлі гриба. Вони чорні, товстостінні, глибше занурені в тканину листка, найчастіше розміщені поодинокі або в групах [29, с. 566]. Температурні коливання взимку (замерзання й відтавання) сприяють проростанню теліоспор. Для інфікування потрібна кількогодина наявність вологи на листках за відносно теплої погоди. Стеблова іржа найактивніше розвивається при 24 °С, уповільнюється нижче 15 °С, тому частіше трапляється в зонах із літніми дощами [28, с. 47]

У помірному кліматі роль телій у виживанні патогену є обмеженою, оскільки основне джерело інфекції — уредоспори, які зберігаються на падалиці та зимуючих посівах [39, с. 70].

Puccinia striiformis f. sp. hordei має подібний цикл, але краще адаптована до холодних і вологих кліматичних умов. Урединії розташовуються у вигляді лінійних смужок вздовж жилок, мають лимонно-жовтий колір. У порівнянні з бурю іржею, ураження починається раніше, при нижчих температурах (2–15 °С), і розвиток уредій триває довше [39, с. 70; 16, с. 167].

Жовта іржа ячменю вперше зафіксована у Колумбії 1975 р., а в 1991 р. вона досягла США, де швидко поширилась на 13 штатів [20, с. 1336]. Різні раси цього патогену не інфікують пшеницю, що дозволяє чітко класифікувати форму як *f. sp. hordei* [39, с. 74].

Стеблова іржа ячменю (*P. graminis f. sp. secalis*) проявляється менш часто, Уредінії розташовуються переважно на стеблах і піхвах, великі, темно-оранжеві, витягнутої форми, що сприяє швидкому розповсюдженню хвороби в умовах підвищеної температури (20–30 °С) [18, с. 356].

Життєвий цикл збудника *P. graminis* є макроциклічним і складається з усіх п'яти стадій спороношення: уредініальна, теліальна, базидіальна, пікніальна, ецідіальна [21, с. 14–15].

Розвиток уредоспор залежить від низки екологічних факторів: оптимальна температура — 12–18 °С, критична — понад 25 °С. Вологість субстрата повинна перевищувати 90%, а наявність краплинної вологи — не менше 8 годин [35, S1].

Важливою особливістю іржастих грибів є вузька спеціалізація до певних видів рослин-господарів. Зокрема, раси *P. striiformis f. sp. hordei* не здатні уражати пшеницю, овес чи жито, так само як *P. striiformis f. sp. tritici* не вражає ячмінь [39, с. 74]. Така спеціалізація пов'язана з взаємодією генотипів патогенів і рослин-господарів, що забезпечує видовий бар'єр у зараженні [16, с. 167].

Сучасні дослідження свідчать про значну генетичну варіабельність патогенів. У США і Європі виявлено понад 20 рас *P. striiformis f. sp. hordei*, які відрізняються за вірулентністю [39, с. 71]. Адаптація збудника до нових кліматичних умов призводить до зміни спектра рас, що знижує ефективність сортової стійкості [35, S1].

Морфологічно уредоспори всіх трьох видів мають кулясту або еліпсоїдну форму, екзоспоріум із шипами, 4–7 пор проростання, жовту або помаранчеву

цитоплазму з декількома ядрами [29, с. 565]. Теліоспори — двоклітинні, бурі, з товстими стінками, не здатні проростати одразу: після періоду спокою формують базидіоспори, які заражають проміжного господаря (у макроциклічних форм) [29, с. 566].

У патогенезі іржі ячменю важливим є процес проникнення — через продихи. Після прикріплення уредоспора формує аппресорій, проросткову трубку, яка через продих проникає в мезофіл листка. У місці проникнення формується первинна інфекційна гіфа, яка розгалужується, утворюючи міжклітинний міцелій [12, с. 7].

Внутрішній розвиток патогена супроводжується утворенням гаусторій у клітинах листка, через які гриб поглинає поживні речовини. Водночас рослина активує неспецифічну або специфічну імунну відповідь: клітинні стінки потовщуються, з'являється ліпофільна “оксидативна зона”, спостерігається накопичення фенольних речовин [26, с. 95].

У резистентних сортів ячменю розвиток інфекції блокується вже на стадії формування первинної інфекційної гіфи або обмежується некротичною реакцією [32, с. 59]. У толерантних сортів відбувається часткове інфікування, однак поширення обмежене, що дозволяє зберегти врожай [32, с. 60].

Джерела інфекції — падалиця, зимуючі рослини, багаторічні трави. Основними елементами збереження патогену є уредоспори, які зберігають життєздатність до 9 місяців у залишках і самосіві [25, с. 12]. Теліоспори відіграють меншу роль у первинному зараженні у помірному кліматі, але мають значення в довгостроковій еволюції популяції [25, с. 13].

Роль проміжного господаря у бурій і жовтій іржі ячменю мінімальна або відсутня, на відміну від пшениці. Це підтверджено експериментально — базидіоспори не заражають інші види, крім визначених [39, с. 74].

Таким чином, біологічні особливості збудників іржі ячменю включають складний цикл розвитку, вузьку спеціалізацію, расову варіабельність, високу екологічну пластичність та наявність ефективних механізмів зараження і поглинання поживних речовин. Ефективна боротьба з іржею потребує точного розуміння патогенезу та джерел інфекції, а також стійких сортів та моніторингу змін у расовому складі популяції.

Особливе значення має спеціалізація патогена та його біологічні шляхи поширення.

1.7. Система заходів захисту від хвороби

При захисті від іржі варто зазначити комплексний підхід. У цьому підрозділі розглянуто ключові засоби захисту,

Селекційно-насінницькі заходи

Одним із основних методів боротьби з іржею ячменю є створення та вирощування сортів, стійких до збудників хвороби. Селекційна робота зосереджена на введенні генів стійкості до різних рас *Puccinia hordei* та *Puccinia striiformis f. sp. hordei* [31, с. 300].

Стійкі сорти створюють на основі вертикальної (расоспецифічної) та горизонтальної (неспецифічної) стійкості. Вертикальна стійкість зумовлена одним або кількома генами і забезпечує високу ефективність, але недовговічна через появу нових рас патогену [39, с. 72]. Горизонтальна стійкість визначається багатьма генами і забезпечує стійкість до широкого спектра патогенів, але не повну [39, с. 73].

Відбір з використанням молекулярних маркерів (MAS) є корисним інструментом для прискорення створення сортів, стійких до іржі. Гени, такі як Sr2, Yr15, Lr34 та Lr46, використовуються в стратегіях пірамідування для забезпечення тривалої стійкості. [34, с. 341]

У США, Європі та Австралії активно використовують сорти з вбудованими генами стійкості — Rph1, Rph2, Rph3, які ефективні проти більшості рас *P. hordei*, але потребують оновлення внаслідок мутацій у популяціях збудника [39, с. 71].

У практиці насінництва важливо застосовувати лише перевірений, сертифікований насіннєвий матеріал із високими показниками енергії проростання, чистоти, фітосанітарної якості [12, с. 16]. Насіння має бути незараженим, вільним від зараження уредоспорами, які можуть зберігатися до 9 місяців [25, с. 13].

Агротехнічні заходи

Оптимізація агротехніки — важлива складова в системі захисту. Основним напрямом є вирощування ячменю в сівозміні, що знижує ризик накопичення інфекції в ґрунті та на рослинних рештках [35, S1].

Глибока оранка сприяє заорюванню залишків рослин з телями, зменшуючи потенціал патогена. Недопущення вирощування ячменю на тому самому полі частіше, ніж 1 раз на 3 роки, суттєво знижує фітосанітарне навантаження [35, S1].

Рання сівба озимого ячменю часто підвищує ураженість через збіг із оптимальними умовами для інфікування. Тому важливо дотримуватись рекомендованих строків сівби — не надто рано, щоб уникнути осінніх хвиль уредоспор [29, с. 568].

Норми висіву повинні забезпечувати оптимальну густоту. Надмірно загущені посіви створюють мікроклімат з високою вологістю, що сприяє спороношенню іржі [32, с. 60].

Азотні добрива використовуються для підвищення врожайності та якості, але норми їх внесення мають коригуватися залежно від сівозміни та родючості ґрунту.[36,с. 237]

Баланс макроелементів у живленні також впливає на стійкість рослин. Надлишок азоту підвищує сприйнятливість до хвороб, тоді як достатній вміст фосфору і калію зміцнює стінки клітин і посилює неспецифічну імунну відповідь [37, с. 142].

Фітосанітарні заходи

Фітосанітарний контроль включає моніторинг інфекційного фону, обстеження посівів, виявлення джерел інфекції та запобігання занесенню зараженого матеріалу [12, с. 16].

Обов'язковим є знищення падалиці, що є основним резервуаром збудника. Також важливо не допускати збереження самосіву ячменю, який сприяє перезимівлі уредоспор [25, с. 12].

У разі виявлення первинних проявів хвороби доцільно застосовувати локальні обробки або вилучення уражених осередків [35, S1]. За потреби — обмеження доступу до поля, контроль за технікою, що пересувається між ділянками.

Організаційно-господарські заходи

До цієї групи належать планування сівозмін, розподіл посівних площ, використання районованих сортів і дотримання регламентів обробітку. Важливо забезпечити контроль якості посівного матеріалу, проводити передпосівну перевірку на зараженість [35, S1].

Також ефективними є заходи щодо інформування агрономів і фермерів про появу нових рас і зон ризику через агроспостереження, участь у програмах фітосанітарного моніторингу [16, с. 167].

Хімічні заходи

Хімічний захист ячменю від іржі передбачає застосування фунгіцидів на основі тріязолів, стробілуринів і комбінованих препаратів [31, с. 295]. Обробки проводять при перевищенні економічного порогу шкідливості — зазвичай, при

ураженні 1% рослин у фазі кущення та сприятливих умовах (висока вологість, температура 15–20 °С) [29, с. 568].

Фунгіцидні обробки вносяться у фазу виходу в трубку – прапорцевий лист, або за перших симптомів. Важливо чергувати діючі речовини для уникнення резистентності [35, S1].

Понад 20 років у практиці використовується Фолікур, Бампер, Тілт, Авіатор Хпро, Пріаксор. У дослідях в Україні фунгіциди знижували розвиток бурі іржі на 70–90% залежно від фази внесення та погодних умов [12, с. 16].

Стійкість до фунгіцидів може розвиватися поступово, особливо за надмірного використання однієї діючої речовини. Тому застосовують протирезистентну стратегію — чергування препаратів із різними механізмами дії [32, с. 60].

Біологічні заходи

Біозахист — екологічно безпечна альтернатива хімічному контролю. До ефективних біопрепаратів проти іржі належать:

Trichoderma spp. — антагоністичні мікроміцети, що колонізують поверхню листків, зменшуючи життєздатність уредоспор;

Bacillus subtilis, *Pseudomonas fluorescens* — продукують антибіотики та ферменти, що пригнічують патоген [38, с. 57].

Індукція системної резистентності рослин за допомогою мікробіологічних засобів — перспективний напрям. Препарати, що містять хітозан, ендofітні штами, стимулюють неспецифічну імунну відповідь [26, с. 95].

Біологічний контроль також включає впровадження біофунгіцидів у систему інтегрованого захисту, комбінуючи їх із сортовою стійкістю й агротехнічними методами [35, S1].

Фізико-механічні заходи

Фізико-механічні заходи передбачають комплекс дій, спрямованих на знищення залишків уражених рослин, видалення бур'янів та падалиці як джерел інфекції [25, с. 12].

До таких методів належать:

лущення стерні й дискування після збирання врожаю;

спалювання або глибока заорка рослинних решток у зонах високої шкідливості [25, с. 13].

РОЗДІЛ 2. ҐРУНТОВО-КЛІМАТИЧНІ УМОВИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Ґрунтова - кліматична характеристика господарства

Для повного розуміння умов вирощування культури та розвитку хвороб доцільно охарактеризувати територію дослідження.

Данна територія розташована поряд з південною частиною м. Києва, на лесовому плато лісостепової фізико-географічної зони. [3, с. 43].

Ґрунтовий покрив на дослідній ділянці НУБіП України представлений ґрунтами типу Світлі і темно-сірі опідзолені і чорноземи опідзолені, переважно на лесових породах [4]

Досить своєрідний ґрунтовий покрив у межах терас Дніпра на лівобережжі Лісостепу. Заплава зайнята алювіальними луговими та алювіальними дерновими, перша надзаплавна тераса – дерновими боровими, що сформувалися на алювіальних пісках. Ґрунтовий покрив другої тераси строкатий, що зумовлено впливом рослинних формацій, глибиною залягання та хімізмом ґрунтових вод. Ґрунтові води в її межах залягають близько до поверхні та містять соду. В західній частині тераси поширені сірі лісові солончаковаті ґрунти. Вглиб тераси розташовані лучно-чорноземні та чорноземно-лучні ґрунти різного ступеня солончаковатості. В межах понижень поширені солонці і солоді. На підвищених елементах рельєфу, в умовах

глибокого залягання ґрунтових вод, домінують чорноземи типові, що мають ознаки солонцюватості.»[15, с. 32]

В межах річкових долин на потужних алювіально-делювіальних відкладах в умовах високого рівня вод формуються лучні, лучно-болотні, лучночорноземні ґрунти[15, с. 87]

Потужність прогумусованого шару становить 40–110 см, а гумусоакумулятивного горизонту – 15–35 см. Для перехідних горизонтів характерне ущільнення, що зумовлене процесами внутрішньо-ґрунтового оглинення. Вміст гумусу не перевищує 3,0–3,5% під трав'яними біоценозами, а під лісами – 5,0–6,5 %[15, с. 87]

Дослідження проводили в умовах ННЛ "Демонстраційне колекційне поле с/г культур" НУБіП України.

Ця територія знаходиться в межах північного Лісостепу України, і відноситься до помірно-континентального кліматичного поясу. За агрокліматичними умовами місцевість належить до зони помірно-зволоженої, з чітко вираженим сезонним коливанням температур і опадів.

Найбільших позитивних наслідків зміни клімату у вигляді збільшення тривалості вегетаційного періоду і, відповідно, підвищення потенційної продуктивності сільськогосподарських культур можна очікувати для північних територій [1, с. 179].

Порівняно з багатьма країнами Європи, Азії та Америки, територія України на великій своїй частині піддається дії екстремальних природнокліматичних факторів, таких як низькі негативні температури в зимовий період, нестача тепла в період вегетації, нестача вологи та інші [1, с. 183].

При цьому за результатами аналізу кореляцій між агрокліматичними показниками та врожайністю зернових у цілому на території України виявлено

середній прямий зв'язок між урожайністю овочів та тривалістю вегетаційного періоду, а також сумою середньодобових температур [1, с. 185].

Зміна клімату загалом більше впливає на тропічні регіони, однак у північних регіонах України спостерігається розширення можливостей для вирощування культур завдяки подовженню вегетаційного періоду [1, с. 184].

Протягом останніх двадцяти років в Україні спостерігалися значні зміни температурного режиму та кількості опадів. Підвищення середньорічної температури призвело до збільшення кількості посух та зменшення рівня опадів у деяких регіонах [7, с. 34].

2020 рік став найспекотнішим як у Європі, так і в Україні, середні температури 1961–1990 рр. було перевищено на $2,8^{\circ}\text{C}$ [7, с. 35].

До кінця XXI століття може зменшитися кількість опадів влітку, особливо на півдні та південному сході країни, а на півночі є ймовірність збільшення дощів узимку [7, с. 35].

Протягом останніх 30 років приріст активних температур повітря вище $+10^{\circ}\text{C}$ сягнув 150°C для зони Степу, 200°C – для Лісостепу та 180°C – для Полісся [35, с. 35].

В Україні в останні роки створюються умови для вирощування двох врожаїв за один сезон не лише в південних, а й у північних областях [35, с. 36].

Середньорічна температура повітря становить $11,4^{\circ}\text{C}$. Температура найхолоднішого місяця (січня) — $-2,6^{\circ}\text{C}$, найтеплішого (липня) — $24,3^{\circ}\text{C}$. Абсолютний річний максимум сягає $+36-38^{\circ}\text{C}$, а мінімум — $-34-35^{\circ}\text{C}$. Сума ефективних температур ($>10^{\circ}\text{C}$) становить від 2480 до 2700°C .

Середньорічна кількість опадів становить 642 мм, з яких основна частина припадає на період вегетації (квітень–вересень). Найбільше опадів випадає у червні — 135 мм, найменше — у травні (15 мм) і вересні (21 мм).[13]

Таблиця 2.1.

Таблиця. Метеорологічні умови за 2024 рік (середньомісячні значення)
[13]

Характеристика	Місяць	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	Рік
Середня місячна температура повітря (°C)	норма	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2
	T, °C	12,8	16,3	21,5	24,3	23,1	20,6	10,9	11,4
	відхилення	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Місячна кількість опадів (мм)	норма	37	37	37	37	37	37	37	37
	Опади, мм 2024	78	15	135	52	24	21	63	642
	відхилення	36	-50	61	-16	-32	-37	17	24

2.2. Методика проведення дослідів.

В методику дослідження входило вивчення розповсюдження хвороби іржі на листі ярого ячменю, дослідження тривали на території ННЛ "Демонстраційне колекційне поле с/г культур" НУБіП України.

Під час досліду дослідження було зосереджено на п'яти сортах ячменю: Аватар, Адапт, Водограй, Воєвода, Еней.

Підготовка ґрунту було здійснено згідно з прийнятих агротехнічних прийомів вирощування ячменю ярого за умов Агрономічної дослідної станції НУБіП України.

Відбиралися рослини у фазу молочної стиглості.

Іржу обліковують у фазі наливання — молочно стиглість зерна, а стеблової іржі — при апробації зернових культур. Їх обліковують 3—4 рази: перед зимівлею, на початку виходу в трубку, перед початком молочної стиглості та через 10—12 днів після колосіння, на початку воскової стиглості.

Для обліку іржастих захворювань на полях площею до 100 га відбирають 20 проб по 10 стебел у кожній, а на більших площах на кожних 100 га додатково по 2 проби.

При узагальненні даних обліку підраховують середній процент ураження іржею восени перед уходом у зиму за ураженням нижніх листків у п'яти місцях ділянки в двох несуміжних повтореннях. Середній процент інтенсивності ураження листковою іржею в період найвищого розвитку хвороби визначають у ячмені — по другому і третьому зверху листках.

Стеблову іржу обліковують у фазі молочної стиглості і по зразках снопів при апробації зернових культур.. Оглядають у двох несуміжних повтореннях по 10 стебел на рослинах, рівновіддалених одна від одної по довжині ділянки, на відстані 0,5 м від доріжки. На кожному з них оцінюють ураженість двох відрізків: першого — між колоском і відгином верхнього листка, і другого — між відгином верхнього і другого листків за шкалою Л. Ф. Русакова.

Відповідно до цієї шкали:

100% означає, що 38—40% поверхні листка зайнято пустулами,

5% відповідає 24—26%,

45% — 16—18%,

25% — 9—10%,

15% — 5—6%,

5% — 1,8—2%.

При обліку іржі відмічають також ураження колоса (процент і ступінь: слабо, середньо, сильно).

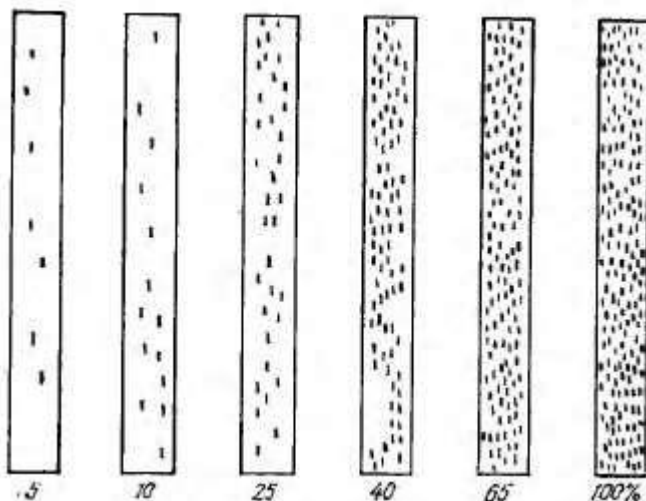


Рис. 2.1 Шкала Русакова для оцінки ураження рослин[30]

Облік ураженості рослин ячменю збудниками іржі проводили по шкалі Русакова

При складанні балових шкал обліку хвороб дотримують таких градацій:

- 0 — рослина здорова;
- 1 — слабке ураження органа або рослини;
- 2 — ураження середнє, сильно уражені органи не зустрічаються; 3 — ураження середнє, деякі органи або рослини уражені сильно; 4 — сильне ураження органів або рослин, їх загибель.

Поширення хвороби (кількість уражених рослин чи окремих їх органів у процентах) визначають за формулою: $P = n \cdot 100 / N$, де

P — поширення хвороби;

N — загальна кількість рослин у пробі;

n — кількість уражених органів (рослин), %.

У господарстві поширення хвороби обчислюють як середньозважений процент множенням відносної кількості уражених рослин (у процентах) на обстежену площу за формулою:

$$P_c = \Sigma(S \cdot P) / \Sigma S, \text{ де}$$

P_c — середньозважений процент поширення хвороби;

$\Sigma(S \cdot P)$ — сума добутків ураженої площі посівів на відповідний їм процент поширення хвороби;

ΣS — обстежена площа, га.

Інтенсивність проявлення того чи іншого захворювання (депресія, помірний розвиток, епіфітотія) оцінюють залежно від втрат. Вона різна для кожної культури. Для якісної характеристики ураження посівів або насаджень

за баловими шкалами вираховують середній бал ураження, а при обліку ураження в процентах — середній процент розвитку хвороби за формулою:

$$R = \Sigma (a \cdot b) / N, \text{ де}$$

R — інтенсивність розвитку хвороби (бал або процент);

$\Sigma (a \cdot b)$ — сума добутків кількості рослин на відповідний бал або процент ураження;

N — загальна кількість облікових рослин.

Відому формулу

$$R = \Sigma (a \cdot b) \cdot 100 / (N \cdot K),$$

у яку введено показник K — найвищий бал шкали обліку для переведення розвитку хвороби з бальної оцінки у процентну, [30, с. 91].

РОЗДІЛ 3.МОНІТОРИНГ ІРЖІ ЯЧМЕНЮ ЯРОГО

3.1 Поширення іржі ячменю ярого в умовах ННЛ "Демонстраційне колекційне поле с/г культур" НУБіП України

Обстеження посівів було здійснено на території ННЛ "Демонстраційне колекційне поле с/г культур" НУБіП України.

На ділянках ячменю ярого було наявне ураження іржею з фази прапорцевого листка, де поширення хвороби становило від 10,0 до 17,5%, а розвиток хвороби від 5,0 до 9,5% відповідно. Інтенсивність хвороби була характерна для тудешньої вологи та помірної температури. В подальшому, у фазу молочно-воскової стиглості, відбувалось наростання хвороби. Так, поширення хвороби коливалось від 22,5 % до 30,0 %, а розвиток – від 9,37 % до 20,6 %.

Дослідження показали, що іржа ячменю завдає вагомої шкоди рослинним об'єктам, що призводить до збільшенню лущинності, й зменшенню якості врожаю. Це обмежує можливості використання зерна як для харчових, так і для технічних цілей.



Рис.3.1.Ячмінь ярий фото листка одного зі зібраних зразків ННЛ "Демонстраційне колекційне поле с/г культур" НУБіП України(фото автора Єрко В.В.)

Таблиця 3.1

Поширення стеблової іржі ячменю ярогов умовах ННЛ "Демонстраційне колекційне поле с/г культур" НУБіП України (Сорт Адапт, 2024р.)

Рік проведення дослідів	Період трубкування		Період форм. прапорцевого листка		Період молочно-воскової стиглості	
	Поширення хвор.,%	Розвиток хвор.,%	Поширення хвор.,%	Розвиток хвор.,%	Поширення хвор.,%	Розвиток хвор.,%

2024	-	-	17,5	5,0	30,0	9,37
------	---	---	------	-----	------	------

3.2. Шкідливість стеблової іржі ячменю ярого в умовах в умовах ННЛ "Демонстраційне колекційне поле с/г культур" НУБіП України

Стеблова іржа ячменю ярого одне з найбільш небезпечних захворювань, якщо брати до уваги весь потенціал хвороби не тільки по відношенню ячменю але інших важливих культур. Важливим буде сказати що дослідження поширення хвороби, та шкідливості матиме і має ключове значення при розробці заходів захисту проти стеблової та інших видів іржі на ячмені ярому. Для іржі цілком характерні коливання ураження від 20% і до 70% при сприятливих обставинах для основних культур тому вартим буде створення сталих систем захисту від іржі

Після проведення аналізу, було встановлено, що патогенний організм суттєво впливає на ріст і розвиток рослин ячменю.

При дослідженні шкідливості хвороби було використано шкалу (Л. Ф. Русакова) для облік ураженості рослин.

При розвитку хвороби 75–100% висота рослин зменшувалась до 15,0 см, у порівнянні зі здоровими рослинами (79,10 см.).

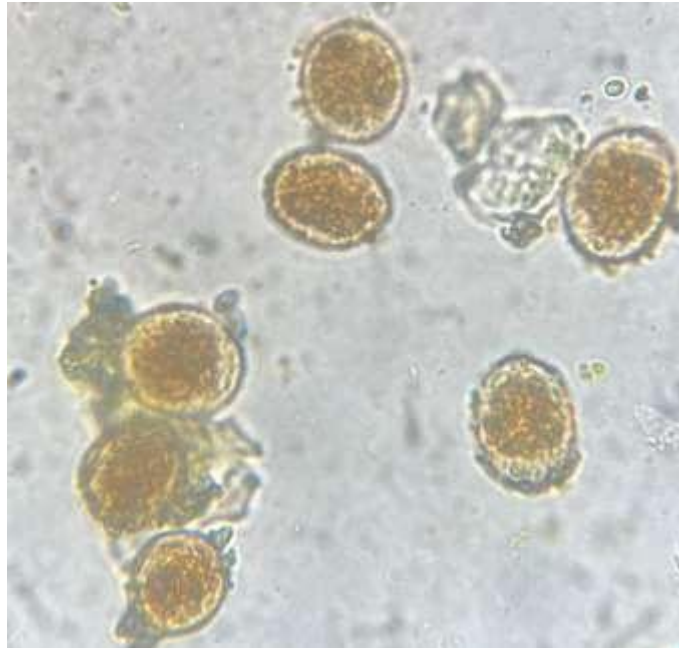


Рис.3.2.Урединії під мікроскопом зі зібраного матеріалу ННЛ "Демонстраційне колекційне поле с/г культур" НУБіП України(фото автора Єрко В.В.)

Таблиця 3.2

Вплив ураження ячменю ярого стебловою іржею на біометричні показники рослин. (Сорт Адапт, ННЛ "Демонстраційне колекційне поле с/г культур" НУБіП України, Київської області 2024 р.)

Біометричні показники	Типи імунності					
	0	1	2	3	4	НІР ₀₅
Висота рослини, см	79,10	77,60	74,10	69,60	64,10	1,03
Довжина колоса, см	5,6	5,3	5,05	4,45	4,15	0,21

У ході дослідження виявлено чітку закономірність між рівнем ураження рослин та основними показниками насінневої продуктивності. При здоровому стані рослин (рівень ураження – 0) спостерігалися найвищі значення за всіма досліджуваними параметрами: кількість насіння з рослини становила 32,7 шт., маса насіння з рослини — 1,65 г, а маса 1000 насінин — 30,44 г (табл. 3.3.).

Зі зростанням інтенсивності ураження до рівня 4 показники значно знижувалися: кількість насіння зменшилась до 26,3 шт., маса з рослини — до 1,04 г, а маса 1000 насінин — до 23,64 г. (табл. 3.3.). Таке зниження є

свідченням негативного впливу хвороби на генеративну продуктивність культури.

Таблиця 3.3.

Вплив ураження ячменю ярого стебловою іржою на елементи структури врожаю(Сорт Адапт, ННЛ "Демонстраційне колекційне поле с/г культур" НУБіП України, Київської області 2024 р)

Елементи структури врожаю	Тип імунності					
	0	1	2	3	4	НІР ₀₅
Кількість насіння з рослини, шт	32,7	32,3	30,6	27,8	26,3	1,17
Маса насіння з рослини, г	1,65	1,24	1,26	1,07	1,04	0,25
Маса 1000 насінин, г	30,44	28,54	27,74	24,44	23,64	1,14

РОЗДІЛ 4. СОРТОВА СТІЙКІСТЬ ЯЧМЕНЮ ЯРОГО ПРОТИ ІРЖАСТИХ ХВОРОБ

4.1. Стійкість сортів ячменю проти іржі в умовах ННЛ "Демонстраційне колекційне поле с/г культур".

На території ННЛ "Демонстраційне колекційне поле с/г культур", були здійснено порівняльно-оціночні спостереження на ураженість стебловою іржею п'яти сортів ячменю ярого – Аватар, Адапт, Водограй, Воєвода, Еней. Серед досліджувальних сортів імунних (високостіких) до хвороб не виявили (табл. 4.1.). За даними таблиці (табл.4.1.), Сорти відібрані для досліду проявили відмінності за наступними параметрами:

1. поширенням
2. інтенсивністю розвитку хвороби.

Таблиця 4.1.

Уражуваність іржею сортів ячменю ярого (ННЛ "Демонстраційне колекційне поле с/г культур" НУБіП України, Київської області 2024 р)

Сорт	В період трубкування		В період формування прапорцевого листка		В період молочновоскової стиглості	
	P,%	R,%	P,%	R,%	P,%	R,%
Аватар	0	0	13,25	6,75	19,0	10,62
Адапт	0	0	15,0	4,25	26,5	18,12
Водограй	0	0	12,5	6,75	26,5	18,12
Воєвода	0	0	12,5	4,25	19,0	11,25
Еней	0	0	7,5	4,25	16,5	8,12
НІР05	–	–	2,51	1,25	1,50	0,97

У сортів Аватар, Воєвода, Еней кількість уражених рослин у фазі прапорцевого листка становила від 7,5 і до 13,25%. Розвиток хвороби відмічався у межах від 4,25 – 6,75%. У період молочно-воскової стиглості тіж

самі показники 16,5– 19,0 %, а розвиток хвороби – 8,12 - 11,25% ці сорти були менш піддатливі хворобі.

В свою чергу сорти Адапт та Водограй які були сприйнятливим хворобі продемонстрували наступні показники.

В період прапорцевого листка поширеність хвороби становила 12,5 – 15,0%, розвиток 4,25 – 6,75%.

В період молочно-воскової стиглості показники поширеності іржі на ячмені ярому 26,5%, відповідно інтенсивність розвитку хвороби становила 18,0 – 18,12% (див. табл. 4.1.).

Серед лідерів по продуктивності(табл. 4.2) ячменю ярого були Аватар, Воєвода, Еней і у цих сортів було найменше ураження іржею.

Таблиця 4.2.

Продуктивність рослин ячменю ярого різних сортів ярого (ННЛ "Демонстраційне колекційне поле с/г культур" НУБіП України, Київської області 2024 р

Сорт	Довжина колоса, см.	Маса колоса, г.	Кількість насінин з 1 рослини, шт.	Маса 1000 насінин, г.	Урожайність, т/га
Аватар	8,8	1,80	22,5	33,95	3,25
Адапт	8,6	1,76	22,0	34,35	3,23
Водограй	8,4	1,67	21,6	33,95	3,21
Воєвода	8,6	1,82	23,1	32,45	3,24
Еней	8,8	1,84	22,1	34,75	3,30
НІР05	0,13	0,04	0,74	1,51	0,09

Середня кількість насінин з однієї рослини становила – 22,5; 23,1; 22,1 . У найбільш сприйнятливих сортів натомість цей показник коливався від 22,0 до 21,6 насінин з однієї рослини. На відміну від стійких сортів(Аватар, Воєвода, Еней) у яких маса зерна в середньому становила 1,80-1,84 у колоса, сортам

Воєвода та Водограй коливання маси колосу було в межах 1,67-1,76. і несе за собою доволі непогані результати(табл. 4.2.).

Маса 1000 насінин слугує важливим показником в отриманні хорошої урожайності, у сортів Аватар, Воєвода та Еней відповідно вони становили 33,95; 32,45 та 34,75 г. Натомість у Адапту та Водограю, ці данні дещо інші 1,76 та 1,67 г (34,35 та 33.95г.). Тому і урожайність має певне варіювання, завдяки цим показникам у стійких сортів 3,24 – 3,30т/га., у сортів Адапту та Водограю, із дещо нижчою стійкістю 3,21 — 3,23 т/га.

Звідси за основою проведених випробувань і порівняння показників щодо резистентності ячменю ярого проти стеблової іржі в природному інфекційному фоні вартим буде зазначити що зразків з абсолютною імунністю відстуні на томість у ході експерименту було встановлено що зразки

Аватар, Воєвода та Еней мають вищий супротив проти зазначеної хвороби у порівнянні з іншими.

ВИСНОВКИ

1. В умовах території ННЛ "Демонстраційне колекційне поле с/г культур" НУБіП України, де і проводились дослідження поширення стеблової іржі на ячмені ярого.

У фазі період трубкування ознак хвороби не було виявлено, перші ж симптоми хвороби з'явилися в період формування прапорцевого листка і в цю фазу поширення хвороби становило 17,5% при розвитку 5,0%. В період молочно – воскової стиглості, поширення дорівнювало – 30,0%, інтенсивність розвитку – 9,37%.

2. Серед всіх досліджувальних сортів імунні сорти відсутні, але всі сорти проявляли стійкість по відношенню до патогена, що є задовільним результатом.

Різниця ступеню ураженості сортів ячменю ярого, де стійкішими були – Аватар, Воєвода і Еней. У даних сортів у фазі формування прапорцевого листка ураженість становила від 7,5 до 13,25%, а розвиток хвороби у межах від 4,25 – 6,75%, у фазі молочно-воскової стиглості 16,5– 19,0 % та розвиток 8,12 – 11,25%.

3. Дані сорти продемонстрували такі показники продуктивності. Маса колосу цих представників становила від 1,8 до 1,84г. Цим витривалим сортам на масу 1000 насінин придатна 33,95; 32,45 та 34,75 г., та кількістю насінин в одній рослині 22,5; 23,1; 22,1 відповідно.

Урожайність стійких сортів становила (Аватар, Воєвода, Еней(3,25; 3,24; 3,30т/га)).

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. БІГУН, В. С. ВПЛИВ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН НА СІЛЬСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО: АДАПТАЦІЙНІ СТРАТЕГІЇ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ СТІЙКОСТІ ВРОЖАЇВ.
2. ВЕСЕЛОВА, І. П.; ГУТОРЧУК, С. Л. Вивчення історії відкриття хвороб овочевих культур. Біологічні дослідження–2023, 2023.
3. ВИШЕНСЬКА, Ірина; КРАМАРЕНКО, Андрій; ТРАВІНСЬКА, Анастасія. Моніторинг флористичного різноманіття урочища Теремки НПП "Голосіївський" в умовах антропогенного навантаження. 2023.
4. Грачов А. Географічні карти України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://geomap.land.kiev.ua/index.html#x> (дата звернення: 18.05.2025).
5. ДОРОЩУК, В. О. Сучасні методи створення сортів ячменю ярого. Корми і кормовиробництво, 2013, 77: 16-19.
6. КОСИЛОВИЧ, Галина ; КОХАНЕЦЬ, Олександра Мечиславівна. Інтегрований захист рослин. 2010.
7. КРИВОХИЖА, Є. М.; МАТВІЙШИН, А. І.; БРИНЬ, В. Т. ВПЛИВ ЗМІНИ КЛІМАТУ НА ВРОЖАЙНІСТЬ ОСНОВНИХ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР В УКРАЇНІ. Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка, 2024, 44: 33-37.
8. ЛИХОЧВОР, В. В.; ПЕТРОЧЕНКО, В. Ф. Рослинництво. Сучасні інтенсивні технології вирощування основних польових культур. 2006.
9. ОМЕЛЮТА, В. П.; ГРИГОРОВИЧ, І. В.; ЧАБАН, В. С. Облік шкідників і хвороб сільськогосподарських культур. К.: Урожай, 1986, 212.
10. ОНИЧКО, Т. О., et al. ВАЖЛИВІСТЬ ВИРОЩУВАННЯ ЯЧМЕНЮ У КОНТЕКСТІ РОЗВИТКУ ОСНОВНИХ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР. "HONCHARIVSKI CHYTANNYA" dedicated to the 94 th anniversary [...] 2023, 116.

11. ПИСАРЕНКО, Віктор Микитович, et al. Інтегрований захист рослин. Писаренко ВМ, Піщаленко МА, Поспелова ГД, Горб ОО, Коваленко НП, Шерстюк ОЛ Полтава, 2020.
12. Сучасні аспекти підвищення продуктивного та адаптивного потенціалу сільськогосподарських культур у контексті європейського зеленого курсу: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції [...] – Центральне, 2022. – 177 с.
13. ЦЕНТРАЛЬНА ГЕОФІЗИЧНА ОБСЕРВАТОРІЯ ІМЕНІ БОРИСА СРЕЗНЕВСЬКОГО ДСНС України. Кліматичні дані по м. Київ [Електронний ресурс].–Режимдоступу:<http://cgosreznevskyi.kyiv.ua/uk/diialnist/klimatolohichna/klimatychni-dani-ro-kyievu> (дата звернення: 18.05.2025).
14. ЧУМАК, Максим Євгенович. Агроєкологічне обґрунтування формування врожайності сортами ячменю ярого. 2023.
15. Ґрунти України: навчально-методичний посібник / З. П. Паньків. – Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2017. – 112 с.
16. ABD-ELSALAM, Kamel A.; MOHAMED, Heba I. (ред.). Cereal diseases: nanobiotechnological approaches for diagnosis and management. Dordrecht, The Netherlands: Springer, 2022.
17. БЕКЕКО, Zelalem; HUSSIEN, Temam; TESSEMA, Taye. Distribution, incidence, severity and effect of the rust (*Puccinia abrupta* var. *partheniicola*) on *Parthenium hysterophorus* L. in Western Hararghe Zone, Ethiopia. African Journal of Plant Science, 2012, 6.13: 37-345.
18. BRIGGS, Dennis Edward. Barley. Springer Science & Business Media, 2012.
19. BUSHNELL, William (ред.). The cereal rusts: origins, specificity, structure, and physiology. Elsevier, 2012.

20. CHEN, X. M.; LINE, Roland F.; LEUNG, Hei. Virulence and polymorphic DNA relationships of *Puccinia striiformis* f. sp. *hordei* to other rusts. *Phytopathology*, 1995, 85.11: 1335-1342.
21. CHEN, Xianming; KANG, Zhensheng. Stripe rust research and control: Conclusions and perspectives. *Stripe rust*, 2017, 601-630.
22. COOK, Arthur Herbert (ред.). *Barley and malt: biology, biochemistry, technology*. Elsevier, 2013.
23. GUPTA, Om Prakash, et al. (ред.). *Wheat and barley grain biofortification*. Woodhead Publishing, 2020.
24. HARWOOD, Wendy A. *Barley*. Humana New York, NY). doi, 2019, 10: 978-1.
25. HGCA.; BASF. *Encyclopaedia Of Cereal Diseases*. HGCA, BASF, 2008.
26. KUMLEHN, Jochen, et al. (ред.). *Biotechnological approaches to barley improvement*. Berlin: Springer, 2014.
27. MORRIS, Peter C.; BRYCE, James H. (ред.). *Cereal biotechnology*. CRC Press, 2000.
28. MURRAY, Timothy D. *Diseases of small grain cereal crops: a colour handbook*. CRC Press, 2013.
29. PARK, Robert F., et al. Leaf rust of cultivated barley: pathology and control. *Annual review of phytopathology*, 2015, 53.1: 565-589.
30. PUNIA, Sneha. *Barley: Properties, Functionality and Applications*. CRC Press, 2020.
31. ROELFS, A. P.; BUSHNELL, W. R. (ред.). *The cereal rusts. Volume II. Diseases, distribution, epidemiology, and control*. 1985.
32. SAVILE, Douglas Barton Osborne; URBAN, Zdeněk. *Evolution and ecology of Puccinia graminis*. 1982.
33. SHEWRY, Peter R.; ULLRICH, Steven E. *Barley: chemistry and technology*. Elsevier, 2014.

34. SINGH, Devendra Pal (ред.). Management of wheat and barley diseases. CRC Press, 2017.
35. STEIN, Nils; MUEHLBAUER, Gary J. (ред.). The barley genome. Cham, Switzerland: Springer, 2018.
36. ULLRICH, Steven E. Barley: production, improvement, and uses. John Wiley & Sons, 2011.
37. UNION, Mediterranean Phytopathological. PHYTOPATHOLOGIA MEDITERRANEA. PHYTOPATHOLOGIA MEDITERRANEA, 2019, 219.
38. VOLLMER, Jeanette Hyldal. Interactions between fungal plant pathogens on leaves. Especially simultaneous development of *Rhynchosporium secalis* and *Drechslera teres* on barley. Risø National Laboratory, 2005.
39. WAN, Anmin; CHEN, Xianming. Virulence, frequency, and distribution of races of *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* and *P. striiformis* f. sp. *hordei* identified in the United States in 2008 and 2009. *Plant Disease*, 2012, 96.1: 67-74.
40. ZHANG, Guoping; LI, Chengdao (ред.). Genetics and improvement of barley malt quality. Springer Science & Business Media, 2010.