

УДК 633.16»324»:632]:[631.527:632.932:551.588]
DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.145.2.12>

ОСНОВНІ ХВОРОБИ ЯЧМЕНЮ ОЗИМОГО ТА СЕЛЕКЦІЯ НА ІМУНІТЕТ В УМОВАХ ЗМІНИ КЛІМАТУ

Тімов І.О. – PhD,

ТОВ «Адама Україна»

orcid.org/0009-0006-7146-4269

Жукова Л.В. – к.с.-г.н.,

доцент кафедри зоології, ентомології, фітопатології, інтегрованого захисту
і карантину рослин імені Б.М. Литвинова,

Державний біотехнологічний університет

orcid.org/0000-0003-1549-8019

Станкевич С.В. – к.с.-г.н.,

доцент кафедри зоології, ентомології, фітопатології, інтегрованого захисту
і карантину рослин імені Б.М. Литвинова,

Державний біотехнологічний університет

orcid.org/0000-0002-8300-2591

Горяінова В.В. – к.с.-г.н.,

доцент кафедри зоології, ентомології, фітопатології, інтегрованого захисту
і карантину рослин імені Б.М. Литвинова,

Державний біотехнологічний університет

orcid.org/0000-0002-4883-0770

Малина Г.В. – к.с.-г.н.,

старший викладач кафедри зоології, ентомології, фітопатології, інтегрованого
захисту і карантину рослин імені Б.М. Литвинова,

Державний біотехнологічний університет

orcid.org/0009-0007-9873-8896

Доместикація ячменю почалася близько за 10 тис. рр. тому і триває понині. Основними ознаками одомашнення були синхронний ріст рослин, збільшення кількості зерна в колосі, більша кількість суцвітів, стійкість до осипання, більший розмір зернівок і прискорене проростання. Щорічне світове виробництво зерна ячменю становить 120–155 млн т. Посівні площі сягають понад 50 млн га із середньою врожайністю близько 3,0 т/га. Близько 85 % зерна ячменю використовують у галузі тваринництва. Сучасні сорти ячменю за оптимальних технологій можуть давати урожаї понад 10 т/га, а сам ячмінь набуває значення найважливішого продукту харчування для людей. Розвиток хвороб на ячмені у різні роки відбувається неоднаково: спостерігаються як періоди епіфітотичного розвитку, так і роки депресії чи навіть повної відсутності певної хвороби. Основними причинами інтенсивного розвитку патогенів зазвичай є сприятливі умови. З метою встановлення видового складу основних хвороб ячменю озимого, а також сучасного стану селекції на стійкість культури до біотичних та абіотичних чинників, які мають економічне значення нами було проаналізовано 88 наукових та науково-популярних літературних джерел. З проведеного критичного аналізу наукової та науково-популярної літератури бачимо, що найпоширенішим і найшкідливішим листостебловим захворюванням ячменю озимого в Степу України, є борошниста роса (*Erysiphe graminis* (DC) Speer f. sp. *Hordei* Em. Marchal). Значної шкоди посівам ячменю озимого щороку завдають плямистості листків. Найбільш поширеними із яких є темно-бура (*Bipolaris sorokiniana* Shoem.), смугаста (*Drechslera graminea* Ito) і сітчаста плямистості (*Pyrenophora teres*). Починаючи з 80-х років XX ст., рамуляріоз (плямистість листків) став поширеною хворобою ячменю в усьому світі. Вірус жовтої мозаїки ячменю, або скорочено ВЖКЯ (*Barley yellow mosaic virus* (BYMV)) – захворювання,

яке серйозно загрожує виробництву зерна ячменю озимого. Бура листкова іржа (зб. дводомний гриб *Puccinia recondita* f. sp. *tritici* Rob. et. Desm) – домінуючий вид іржастих хвороб зернових колосових культур. Септоріоз (зб. гриб *Phaeosphaeria avenaria* O. Eriksson f. sp. *triticea* Shoemaker & C.E. Babc (анаморфа: *Stagonospora avenae* f. sp. *triticea* Bissett) і *Phaeosphaeria nodorum* Hedjaroude (анаморфа: *Stagonospora nodorum* Casellani & E.G. Germano) – хвороба яка майже щороку має економічне значення. На ячмені озимому відомий комплекс кореневих гнилей. Залежно від збудників розрізняють фузаріозну, звичайну (гельмінтоспоріозну), церкоспорельозну та офіобольозну кореневі гнилі. Зазвичай домінуючою є звичайна або гельмінтоспоріозна коренева гниль (зб. гриб *Bipolaris sorokiniana* Shoem). За результатами польових досліджень з вивчення стійкості сортозразків ячменю озимого виконаних в умовах селекційно-насінницької сівозміни лабораторії селекції зернових та кормових культур та в лабораторії захисту рослин Інституту сільськогосподарства Карпатського регіону НААН України, виділено сортозразки ячменю озимого із високим індексом стійкості проти окремих хвороб та з індексом комплексної стійкості. Установлено, що високий індекс стійкості (1,09) до збудника смугастої плямистості проявляли такі сортозразки як: KVS Scala (DEU), Достойний (UKR), Дев'ятий вал (UKR), Буревій (UKR), Паладін миронівський (UKR), Трудівник (UKR), Жерар (UKR), Camanehe (FRA), Action (DEU), Cartel (FRA), Highlight (DEU), Maybrit (DEU), Naomie (DEU), Scarpia (DEU). Високий індекс стійкості до збудника карликової іржі (1,09) був у сортозразків: KVS Scala (DEU), Буревій (UKR), Дев'ятий вал (UKR), Достойний (UKR), Зимовий (UKR), Основа (UKR), Трудівник (UKR), Action (DEU), Altesse (FRA), Asorbis (FRA), Loreley (DEU); N 1195/73 (DEU), Naomie (DEU), N 234 (FRA), Glanar (FRA), Cartel (FRA). Виділено сортозразки з високим індексом комплексної стійкості до карликової іржі та смугастої плямистості, а саме: Дев'ятий вал (UKR), Достойний (UKR), Трудівник (UKR), Action (DEU), Cartel (FRA), KVS Loreley (DEU), Scala (DEU).

Ключові слова: ячмінь озимий, хвороби, імунітет, стійкість, генетика, селекція, урожайність, зміна клімату, адаптація.

Titov I.O., Zhukova L.V., Stankevych S.V., Horiainova V.V., Malyna G.V. Major diseases of winter barley and selection for immunity in conditions of climate change

Domestication of barley began about 10 thousand years ago and continues to this day. The main signs of domestication were synchronous plant growth, an increase in the number of grains per ear, a larger number of inflorescences, resistance to shedding, a larger grain size, and accelerated germination. The annual world production of barley grain is 120–155 million tons. The sown area reaches more than 50 million hectares with an average yield of about 3.0 tons/hectare. About 85% of barley grain is used in the livestock industry. Modern barley varieties with optimal technologies can yield yields of more than 10 tons/hectare, and barley itself is becoming the most important food product for people. The development of diseases in barley in different years occurs differently: there are both periods of epiphytotic development and years of depression or even the complete absence of a certain disease. The main reasons for the intensive development of pathogens are usually favorable conditions. In order to establish the species composition of the main diseases of winter barley, as well as the current state of selection for the resistance of the crop to biotic and abiotic factors that have economic significance, we analyzed 88 scientific and popular science literature sources. From the conducted critical analysis of scientific and popular science literature, we see that the most common and most harmful leaf-stem disease of winter barley in the Steppe of Ukraine is powdery mildew (*Erysiphe graminis* (DC) Speer f. sp. *Hordei* Em. Marchal). Significant damage to winter barley crops is caused annually by leaf spot. The most common of which are dark brown (*Bipolaris sorokiniana* Shoem.), striped (*Drechslera graminea* Ito) and reticulate spot (*Pyrenophora teres*). Since the 1980s, ramulariosis (leaf spot) has become a widespread disease of barley worldwide. Barley yellow mosaic virus, or BYMV for short (Barley yellow mosaic virus (BYMV)) is a disease that seriously threatens winter barley grain production. Brown leaf rust (collected by the dioecious fungus *Puccinia recondita* f. sp. *tritici* Rob. et. Desm) is the dominant type of rust disease of cereal crops. Septoria leaf spot (collected by the fungus *Phaeosphaeria avenaria* O. Eriksson f. sp. *triticea* Shoemaker & C.E. Babc (anamorph: *Stagonospora avenae* f. sp. *triticea* Bissett) and *Phaeosphaeria nodorum* Hedjaroude (anamorph: *Stagonospora nodorum* Casellani & E.G. Germano) is a disease that is of economic importance almost every year. A complex of root rots is known on winter barley. Depending on the pathogens, common (helminthosporous), cercosporella and ophioboloid root rots are distinguished. Common or helminthosporous root rot (collected by the

fungus Bipolaris sorokiniana Shoem) is usually dominant. According to the results of field studies on the resistance of winter barley varieties carried out under conditions of breeding and seed crop rotation of the laboratory of grain breeding and of fodder crops and in the laboratory of plant protection of the Institute of Agriculture of the Carpathian region of the NAAS of Ukraine, winter barley varieties with a high index of resistance to individual diseases and with an index of complex resistance were isolated. It was established that a high index of resistance (1.09) to the pathogen of striped spot was shown by such varieties as: KVS Scala (DEU), Dostoiny (UKR), Dev'yatyi val (UKR), Bureviy (UKR), Paladin Mironivsky (UKR), Trudivnyk (UKR), Gerard (UKR), Camanehe (FRA), Action (DEU), Cartel (FRA), Highlight (DEU), Maybrit (DEU), Naomie (DEU), Scarpia (DEU). A high index of resistance to the pathogen of dwarf rust (1.09) was in the following varieties: KVS Scala (DEU), Bureviy (UKR), Dev'yatyi val (UKR), Dostoiny (UKR), Zimovy (UKR), Osnova (UKR), Trudivnyk (UKR), Action (DEU), Altesse (FRA), Asorbia (FRA), Loreley (DEU); N 1195/73 (DEU), Naomie (DEU), N 234 (FRA), Glanan (FRA), Cartel (FRA). Varietal samples with a high index of complex resistance to dwarf rust and striped spot were identified, namely: Dev'yatyi val (UKR), Dostoiny (UKR), Trudivnyk (UKR), Action (DEU), Cartel (FRA), KVS Loreley (DEU), Scala (DEU).

Key words: winter barley, diseases, immunity, resistance, genetics, breeding, yield, climate change, adaptation.

Ячмінь є більш давньою культурою, ніж пшениця, адже був окультурений людством 10–13 тис. рр. тому. Слово «ячмінь», як хліб, 35 разів згадується у Біблії. Римський історик Пліній старший (23–73 рр. н.е.) писав, що ячмінь був основною їжею римських гладіаторів, зміцнював їхні м'язи та запобігав ожирінню. Високі поживні властивості зерна ячменю відзначали знамениті лікарі стародавнього світу, наприклад Гіппократ. Протягом багатьох століть ячмінний хліб був основним для більшості людей Світу, але поступово його замінили пшеничним хлібом, який відрізняється кращими смаковими якостями [72].

Доместикація ячменю (*Hordeum vulgare* L) від *Hordeum vulgare ssp. spontaneum* Koch) почалася близько за 10 тис. рр. тому і триває понині [88]. Основними ознаками одомашнення були синхронний ріст рослин, збільшення кількості зерна в колосі, більша кількість суцвіть, стійкість до осипання, більший розмір зернівок і прискорене проростання [56]. Ці спроби доместикації, передбачали перший крок до керованої інтрогресії. Перші землероби обмінювали насіння рослини з новими фенотипами із сусідами. Змішане з існуючими запасами насіння нових форм призводило до утворення гетерогенних сумішей майже гомозиготних ліній. Відбір нових фенотипів збільшував частоту корисних господарсько-цінних особин, чому сприяв природний ауткросинг (~2 %), який відбувається у рослин ячменю [44]. Індукований навколишнім середовищем ауткросинг у самозапильних видів міг дати поштовх до збільшення частоти інтрогресії сприятливих алелів у локально адаптовані геноми. Багато початкових ознак одомашнення залишаються критичними в сучасній селекції ячменю [77].

Згідно з археологічними даними, одомашнення ячменю, швидше за все, відбулося в так званому Родючому півмісяці [57] з іншими можливими місцями у Центральній Азії та Африці [49]. Звідти, завдяки механічним сумішам і ауткросингу, він швидко переміщався до Європи та Азії, що сприяло поширенню цього культугену по Світу зі швидкістю близько 10 км/рік [68]. Нині, через 10 тис. рр. після початку введення в культуру, ячмінь став 4-ю найбільш поширеною зерновою культурою поступаючись пшениці, кукурудзі та рису [58].

Щорічне світове виробництво зерна ячменю становить 120–155 млн т. Посівні площі сягають понад 50 млн га із середньою врожайністю близько 3,0 т/га. Найбільші виробниками зерна ячменю є Німеччина (9 %), Канада (9 %), Франція (8 %), Туреччина (7 %) і Україна (7 %). Близько 85 % зерна ячменю використовують

у галузі тваринництва. Як харчову культуру ячмінь споживають в основному Тибет, Японія, Китай, країни Африки та Скандинавії. Вагому частину зерна ячменю задіяно для виробництва віскі та пива. Солодові витяжки з ячменю також застосовують у медицині, кондитерській, шкіряній і текстильній промисловостях [19].

Сучасні сорти ячменю за оптимальних технологій можуть давати урожаї понад 10 т/га, а сам ячмінь набуває значення найважливішого продукту харчування для людей. Нині ячмінь – основне джерело здорового способу життя сучасної людини [30], адже пшениця не рекомендована дієтологами для здорового харчування. У книзі «Wheat Belly» («пшеничний живіт») відомий американський кардіолог В. Дейвіс, ґрунтуючись на результатах наукових досліджень і власній лікарській практиці, називає сучасні сорти пшениці шкідливими для здоров'я людини [50]. За його даними масове ожиріння американців і пов'язані з ним хвороби не є наслідком надмірного вживання жирів та цукрів і малорухливого способу життя. Головною причиною цього є пшениця, а точніше її сучасні сорти, створені протягом другої половини ХХ ст. із використанням новітніх генетичних технологій. Низка недугів, зокрема целиакія, неврологічні та алергічні захворювання, хвороби серця, діабет артрити, і навіть шизофренія, є наслідком вживання продуктів із пшеничного зерна [82].

Ці дані підтверджує і О. І. Рибалка, який опрацювавши 2 400 літературних джерел щодо якості зерна ячменю і понад 3 000 джерел, щодо якості пшеничного зерна, приділивши особливу увагу науковим розробкам 20-ти останніх років. Він дав порівняльну характеристику поживних властивостей ячменю як «забутого основного хліба» та пшениці як «нинішнього хліба насущного» [31].

Перевага ячменю над пшеницею як продукту харчування, запобіжно-лікувального засобу проти цукрового діабету і алергічних захворювань, запобіжного засобу проти серцево-судинних і ракових захворювань є безсумнівною [54]. Порівняно з пшеницею озимою, ячмінь озимий здатний формувати вищий врожай, але в окремі роки з несприятливими умовами перезимівлі він гірше реагує на перепади температур і може вимерзати [15]. В Україні озиму форму ячменю рекомендовано вирощувати у 14 областях. Завдяки ранньому виходу в трубку він ефективно використовує зимові запаси вологи, а тому навіть у посушливі роки на легких ґрунтах забезпечує відносно високі урожаї. Для проростання насіння ячмінь потребує 48–50 % води, у той час як пшениця – 55 %, а овес – до 65 %. Коефіцієнт транспірації ячменю озимого нижчий, ніж інших зернових. Опادي у період колосіння – наливу зерна сприяють формуванню високого врожаю зерна. Ячмінь менш вимогливий до вологи, ніж всі інші ранні зернові культури. Завдяки пливчастості зерна ячмінь довго зберігає схожість, а це актуально в умовах довготривалих осінніх посух. Прохолодна погода у квітні – травні, яка спостерігається останніми роками, сприяє продовженню кушіння ячменю при слабкому рівні ураження листковими хворобами і запобігає ранньому виходу рослин у трубку. За таких умов формуються нормально розвинені посіви, що не уражаються хворобами й не вилягають після колосіння. Одним із основних чинників одержання стабільно високих урожаїв ячменю озимого є добір сортів, здатних забезпечувати сталі збори зерна за будь-яких погодних умов. Особливо важливим є вирощування у кожному господарстві двох–трьох сортів, різних за екологічними ознаками, для гарантування максимальної врожайності [15].

Матеріали і методи. З метою встановлення видового складу основних хвороб ячменю озимого, а також сучасного стану селекції на стійкість культури до біотичних та абіотичних чинників, які мають економічне значення нами було

проаналізовано 88 наукових та науково-популярних літературних джерел, як вітчизняних так і виданих за кордоном [1–88].

Результати досліджень. Розвиток хвороб на ячмені у різні роки відбувається неоднаково: спостерігаються як періоди епіфітотичного розвитку, так і роки депресії чи навіть повної відсутності певної хвороби. Основними причинами інтенсивного розвитку патогенів зазвичай є сприятливі умови [28].

Деякі сорти ячменю озимого, котрі використовуються у виробництві зерна, характеризуються нестабільністю через недостатню посухостійкість, низький потенціал урожайності, сприйнятливість до патогенів і схильність до вилягання. Також вагомими є втрати врожаю зерна від несприятливих умов перезимівлі [25]. Для використання виробництво потребує сортів, які поєднують високу потенційну врожайність та стійкість до шкідливих біотичних та абіотичних чинників. Постійне зростання питомої ваги зернових колосових культур у сівозмінах на фоні порушення агротехніки і високої забур'яненості, погіршують фітосанітарний стан агроценозів. Деякі види малопоширених раніше патогенів переходять у ряд особливо небезпечних, а викликані ними хвороби набувають епіфітотичного розвитку. Останніми роками відчутної шкоди посівам ячменю озимого щороку завдають борошниста роса, гельмінтоспоріози, плямистості листків, сажкові та іржаві хвороби [45].

Найбільш поширеними хворобами листків ячменю озимого, які спричиняють потенційні втрати урожаю, є темно-бура та сітчаста плямистості і гельмінтоспоріози. Гельмінтоспоріоз ячменю поширюється у теплих регіонах за умов наявності високої вологості повітря (95–97 %) на стадії інфікування. Джерелом інфекції слугують міцелії, конідії та склероції, які зберігаються на зернівках та рослинних рештках. Темно-бура плямистість (зб. гриб *Bipolaris sorokiniana* Shoem) проявляється починаючи з фази сходів у вигляді довгастих темних плям. На листках утворюються спочатку темні, а згодом – темно-сірі чи світло-бурі плями, дещо витягнуті уздовж листків. В центрі вони світлі, з темною облямівкою. При нестачі вологи навесні на загущених посівах хвороба є більш агресивною. Втрата урожаю спричинена нею становить у середньому 15–20 %, але може досягати і більше 40 %. Шкідливість полягає у порушенні фізіолого-біохімічних процесів у рослинах: зниженні загального й продуктивного кущення, затриманні росту, недорозвиненості та загниванні коренів, випаданні уражених рослин, послабленні мінерального живлення. Ці явища призводять до зниження продуктивності культури та погіршення товарних і посівних якостей зерна [83].

Встановлено, що у 2021–2023 рр. інтенсивність розвитку темно-бурої плямистості становила 0,5–17,5 % залежно від сорту. Найбільш уражуваним сорт Збруч (1,5–17,5 %), менше – Снігова королева (1,0–15,0 %), а найвищу відносну стійкість до хвороби мав сорт Дарій (0,5–11,5 %). Установлено, що ступінь ураження цим захворюванням залежить від фенофази розвитку ячменю озимого, але у фенофазі молочної стиглості він завжди був найвищим. За сприятливих для розвитку збудника темно-бурої плямистості умов, незначний ступінь ураження відзначений на сортах Достойний і Валькірія. Саме вони (разом із сортом Дарій) рекомендовані селекціонерам для створення стійких сортів ячменю озимого [4].

Найпоширенішим і найшкідливішим листостебловим захворюванням ячменю озимого в Степу України, є борошниста роса (*Erysiphe graminis* (DC) *Speer f. sp. Hordei* Em. Marchal). Установлено, що залежно від ступеню ураження цією хворобою та стійкості до неї різних сортів втрати урожаю 10–25 %, а у роки зі сприятливими для розвитку хвороби умовами сягають 40 % і більше [32]. Нині відомо

понад 150 генів стійкості до борошнистої роси і встановлено їхню хромосомну локалізацію. Разом із тим більшість генів втратили свою ефективність унаслідок змін расового складу популяції патогена. Збудник реагує на появу нових генів стійкості виникненням нових рас із новими генами вірулентності, що, в свою чергу, підтверджує гіпотезу Флора «ген на ген» [20]. Найбільш ефективною за стійкістю проти *Erysiphe graminis* з моменту створення перших комерційних сортів і понині є серія алельних генів *mlo*. Вони ефективні проти усіх рас патогена, а їхня ефективність носить довготривалий характер та імовірно не втратить її в найближчому майбутньому [52].

Значної шкоди посівам ячменю озимого щороку завдають плямистості листків. Найбільш поширеними із яких у Степу є темно-бура (*Bipolaris sorokiniana* Shoem.), смугаста (*Drechslera graminea* Ito) і сітчаста плямистості (*Pyrenophora teres*). Установлено, що кожен відсотка ураженості рослин смугастою плямистістю призводить до втрати 0,5–1,0 % урожаю. В роки епіфітотії недобір урожаю ячменю озимого від темно-бурої та сітчастої плямистостей сягають 30–40 % [22].

Ячмінь є важливою зерновою колосовою культурою, а борошниста роса є однією з найбільш поширених хвороб [71], спричинених аскоміцетом *Blumeria graminis* (DC.) E. O. Speer, f. *sp. hordei* (Bgh) emend. É. J. Marchal (анаморфа *Oidium monilioides* Link). З ним, як і рядом інших патогенів рослин, можна боротися за допомогою екологічно безпечної генетичної стійкості [63]. Однак збудник *Blumeria graminis* є надзвичайно мінливим [66], і деякі загальноприйняті стратегії використання генетичної стійкості, як, наприклад, розвиток пірамід генів специфічної стійкості у генотипах господаря [69] чи використання сортів, котрі несуть специфічні гени стійкості, у сортових сумішах – може бути неефективними [84].

Установлено, що в Поліссі борошниста роса, плямистості листків і кореневі гнилі є найбільш поширеними хворобами грибної етіології, збудники яких у структурі фітопатогенів займають до 62 %. При розвитку 90 % коефіцієнт шкідливості борошнистої роси складає 23,4 %, плямистостей листків – 27,6 %, а корневих гнилей – 33,2 % [40].

Розвиток збудників хвороб ячменю в Поліссі значно залежить від ГТК: корневих гнилей на 61,4 % плямистостей листків – на 46,2 %, борошнистої роси – на 42,8 %. Ці дані можуть бути використанні під час складання фенологічних прогнозів розвитку хвороб ячменю у Поліссі [41].

Ячмінь озимий є найбільш продуктивною зерновою культурою, яка за умови дотримання високого рівня агротехніки має генетичний потенціал урожайності зерна до 10 т/га і навіть більше. Разом із тим, погодні умови є одним із неконтрольованих чинників, які значною мірою знижують урожайність і прояв грибних захворювань на ячмені озимому [76]. Внаслідок глобального потепління упродовж останнього десятиліття ячменю озимому характерним є подовження періоду осінньої вегетації, що у свою чергу сприяє інтенсивному розвитку темно-бурої та сітчастої плямистостей і борошнистої роси, а тому потребує застосування фунгіцидів на посівах культури не лише навесні, як раніше, а й восени [21]. Кожного року в агроценозах ячменю озимого збільшується фітопатогенне навантаження збудників хвороб, які за сприятливих погодних умов без застосування ефективних захисних засобів можуть призводити до зниження продуктивності ячменю на 30–40 % і більше [42].

Дослідники В. О. Курцев та М. П. Секун відмічають, що порушення наукових основ ведення агровиробництва разом зі змінами погодних умов призвели до відчутного посилення розвитку септоріозу, борошнистої роси, корневих гнилей,

фузаріозу колоса, летючої і твердої сажок та інших хвороб зернових колосових культур [16].

Починаючи з 80-х років XX ст., рамуляріоз (плямистість листків) став поширеною хворобою ячменю в усьому світі. Боротьба з рамуляріозом дедалі загострюється через нещодавнє зниження ефективності фунгіцидів і відсутність стійких до захворювання сортів. Зміна клімату також збільшує періоди посухи в Європі та посилює мінливість погодних умов і таким чином впливає на тяжкість захворювань рослин ячменю. Отже, ідентифікація стійких до рамуляріозу сортів і розуміння прогресування хвороби в умовах абіотичного стресу є важливими завданнями комплексного управління хворобами в умовах зміни. Дослідник Ф. Хохенедер оцінив кількісну стійкість до цієї хвороби 15 генотипів ячменю ярого в умовах посухи, контрольованого зрошення і польових умов у 2016–2019 рр., відстежував мікрокліматичні умови агроценозів, ідентифікував генотипи, які виявляли стійку кількісну стійкість до рамуляріозу у різних польових умовах. Отримані результати свідчать, що тривалі періоди посухи створюють несприятливі умови для розвитку хвороби та підтверджують те, що ступінь і тривалість зволоженості листків є ключовим фактором епіфітотій рамуляріозу [61].

Вірус жовтої мозаїки ячменю, або скорочено ВЖКЯ (Barley yellow mosaic virus (BYMV)) – захворювання, яке серйозно загрожує виробництву зерна ячменю озимого. Грунтуючись на прогресі геноміки ячменю, масштабному секвенуванні та ресурсах зародкової плазми, нещодавно було досліджено та виділено із ячменю відповідні гени стійкості. Досягнення у клонуванні генів, які кодують стійкість чи сприйнятливість, дають можливість дослідити функціональну взаємодію між рослинами-господарями та вірусами, які переносяться через ґрунт, а також переваги селекції резистентності за допомогою маркерів у ячменю озимого [62].

Нині підвищення урожайності ячменю озимого та поліпшення якості його зерна є основною проблемою вирощування цієї культури. Вирішення цього питання неможливе без захисту рослин від шкідливих організмів, у тому числі збудників хвороб [6]. Існує думка, що поширеність і шкідливість хвороб пов'язані, в першу чергу, із погодними умовами, які склалися в конкретному регіоні [39]. Також відмічено, що навіть за посушливих умовах різкі перепади температур вдень та вночі провокують поширеність багатьох хвороб: гельмінтоспоріозів, септоріозу, фузаріозу колосу та ін. [13]. Для ефективної боротьби з хворобами треба враховувати не лише погодні умови та фенофази розвитку рослин, але й володіти всією необхідною інформацією про етіологію хвороб та біологію збудників [80].

Борошниста роса (зб. сумчастий гриб *Erysiphe graminis* (DC). Джерелом інфекції є пожнивні рослинні рештки. Зараження можливе в температурному діапазоні від 3 до 30 °C (оптимальною є 14–17 °C) та вологості повітря 50–100 %. Період інкубації залежно від погодних умов триває 3–12 днів. Ураження рослин відбувається в період осіннього кушіння культур. Найінтенсивніше вона розвивається на загущених посівах при ранніх строках сівби. Спочатку на листках з'являються матові плями, а потім з верхнього боку утворюється білий ватоподібний наліт, який ущільнюється, утворюючи подушечки [64].

Бура листкова іржа (зб. дводомний гриб *Puccinia recondita* f. sp. *tritici* Rob. et. Desm) – домінуючий вид іржастих хвороб зернових колосових культур. Основними джерелами інфекції є уражені посіви зернових колосових, насамперед пшениці, та уражені злакові бур'яни, зокрема пирій повзучий, від яких восени уражується падалиця, а згодом посіви озимих зернових культур. Ураження рослин відбувається в температурному діапазоні від 3 до 31 °C (оптимальною є 15–25 °C)

за умови наявності краплинно-рідкої вологи. Тривалість інкубаційного періоду хвороби становить від 5 до 18 діб [75].

Септоріоз (зб. гриб *Phaeosphaeria avenaria* O. Eriksson f. sp. *triticea* Shoemaker & C.E. Babc (анаморфа: *Stagonospora avenae* f. sp. *triticea* Bissett) і *Phaeosphaeria nodorum* Hedjaroude (анаморфа: *Stagonospora nodorum* Casellani & E.G. Germano)). Джерелом інфекції є уражені рослинні рештки, сходи падалиці, заражені листки та дикорослі злакові трави. Температурні межі розвитку збудників септоріозу від 5 до 30 °C (оптимальні 20–25 °C), відносна вологість повітря перебуває у межах 100 %. Септоріоз є найбільш поширеним захворюванням озимого ячменю восени [67].

На зернових колосових культурах відомі три типи гельмінтоспоріозів, або плямистостей листків: темно-бура, сітчаста та смугаста. Темно-бура плямистість (зб. гриб *Bipolaris sorokiniana* Shoem (анаморфа *Cochliobolus sativus*)). Джерелом інфекції є уражені рослинні рештки та заражене насіння. Збудник розвивається в температурному діапазоні від 6 до 40 °C (оптимальні 22–26 °C) та відносній вологості повітря 95–98 %. Захворювання уражує сходи культурних заквів і дорослі злакові рослини. На корінцях, колеоптилях та сім'ядольних листочках проявляється у вигляді повздовжніх темних плям – рисок. На листках спочатку з'являються жовто-бурі, злегка витягнуті плями, на яких згодом утворюється оливково-бурий наліт конідіального спороношення [7].

Сітчаста плямистість ячменю (зб. гриб *Pyrenophora teres* Shoem). Джерелом інфекції є заражене насіння і уражені рослинні рештки. Захворювання проявляється, починаючи з фази осіннього кушіння. Симптоми з'являються на листках у вигляді бурих овальних плям із блідо-жовтою облямівкою, з повздовжніми й поперечними рисками, які утворюють сітчастий малюнок [2].

На ячмені озимому відомий комплекс корневих гнилей. Залежно від збудників розрізняють фузаріозну, звичайну (гельмінтоспоріозну), церкоспорельозну та офіобольозну кореневі гнилі. Зазвичай домінуючою є звичайна або гелмінтоспоріозна коренева гниль (зб. гриб *Bipolaris sorokiniana* Shoem). Джерелами інфекції є заражене насіння, уражені пожнивні рештки та ґрунт. Симптоми захворювання у фенофазу сходів проявляються у вигляді темно-бурих штрихів на колеоптилі та перших листках, побуріння проростків. У фенофазі трубкування на обгортках нижніх листків та основі стебла з'являються бурі плями. Спостерігається побуріння вузла кушіння. Збудниками фузаріозної кореневої гнилі є гриби роду *Fusarium* Link: *Fusarium culmorum* Sacc, *Fusarium graminearum* Shwabe, та ін. Джерелом інфекції є заражене насіння, уражені рослинні рештки та ґрунт. Як і звичайна, фузаріозна коренева гниль викликає ураження підземної частини рослин. Спочатку на первинних і вторинних коренях з'являються буро-коричневі смуги, які пізніше зростаються та зливаються [35].

Запобігання втратам урожаю від хвороб є неможливим без використання інтегрованої системи захисту рослин, яка базується на науково-обґрунтованому поєднанні організаційно-господарських, агротехнічних, селекційно-генетичних та хімічних заходів захисту. Але основним методом захисту озимих зернових культур нині залишається хімічний метод: обов'язкове передпосівне протруєння посівного матеріалу та обприскування посівів фунгіцидами у період вегетації за умови перевищення економічного порогу шкідливості [33].

У польових умовах за зимостійкістю, тривалістю вегетаційного періоду, стійкістю проти вилягання та до основних листових хвороб – смугастої (*Drechslera graminea* Ito), темно-бурої (*Cochliobolus sativus*.), сітчастої (*Drechslera teres* Ito) плямистостей, борошнистої роси (*Blumeria (Erysiphe) graminis* (DC) Speer f. sp.

hordei Em. Marchal) та карликової іржі (*Puccinia hordei* Otth.) було диференційовано селекційні лінії за цінними господарськими і селекційними ознаками. Селекційні лінії, що виділені за низкою позитивних ознак, але в той же час потребують поліпшення за однією чи кількома іншими, можуть бути використані в якості генетичної основи для створення нового селекційного матеріалу із залученням до схрещування джерел необхідних ознак. Виділені селекційні лінії Паллідум 4816 (Luxor / Миронівський 87), Паллідум 4857 (Основа / Миронівський 87), Паллідум 4659 (Erfa / Радикал // Kromoz), які мали найоптимальніше співвідношення продуктивності, параметрів пластичності та стабільності у поєднанні зі стійкістю та помірною стійкістю до комплексу хвороб і вилягання [10].

Останніми роками виявлено значно вищий ступінь ураженості посівів ячменю озимого збудниками листових хвороб: смугастої (*Drechslera graminea* Ito), темно-бурої (*Cochliobolus sativus*) та сітчастої плямистостей (*Drechslera teres* Ito), борошнистої роси (*Blumeria (Erysiphe) graminis* (DC) *Speer f. sp. hordei* Em. Marchal) і карликової іржі (*Puccinia hordei* Otth.), порівняно з ячменем ярим. За узагальненими даними, за значного ураження, недобір урожаю від ураження кожною із цих хвороб може досягати 40 % і вище [48].

Сильний розвиток збудників листових захворювань в агроценозах ячменю озимого, а також мінливість погодних умов та інших чинників не завжди забезпечують високу ефективність фунгіцидного захисту. Крім того ураження плямистостями листків доволі складно компенсувати, так як вони, за значного поширення, призводять до швидкого відмирання листової поверхні. Отже, стійкість до даних біотичних чинників обов'язково повинна враховуватись у селекційних програмах ячменю озимого у Степу України [55].

За результатами польових досліджень з вивчення стійкості сортотразків ячменю озимого виконаних в умовах селекційно-насінницької сізовміни лабораторії селекції зернових та кормових культур та в лабораторії захисту рослин Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН України, виділено сортотразки ячменю озимого із високим індексом стійкості проти окремих хвороб та з індексом комплексної стійкості. Установлено, що високий індекс стійкості (1,09) до збудника смугастої плямистості проявляли такі сортотразки як: KVS Scala (DEU), Достойний (UKR), Дев'ятий вал (UKR), Буревій (UKR), Паладін миронівський (UKR), Трудівник (UKR), Жерар (UKR), Camanehe (FRA), Action (DEU), Cartel (FRA), Highlight (DEU), Maybrit (DEU), Naomie (DEU), Scarpia (DEU). Високий індекс стійкості до збудника карликової іржі (1,09) був у сортотразках: KVS Scala (DEU), Буревій (UKR), Дев'ятий вал (UKR), Достойний (UKR), Зимовий (UKR), Основа (UKR), Трудівник (UKR), Action (DEU), Altesse (FRA), Asorbia (FRA), Loreley (DEU); N 1195/73 (DEU), Naomie (DEU), N 234 (FRA), Glanan (FRA), Cartel (FRA). Виділено сортотразки з високим індексом комплексної стійкості до карликової іржі та смугастої плямистості, а саме: Дев'ятий вал (UKR), Достойний (UKR), Трудівник (UKR), Action (DEU), Cartel (FRA), KVS Loreley (DEU), Scala (DEU) [11].

Збільшення виробництва зерна злакових культур є одним із найбільш важливих напрямів розвитку агровиробництва в Україні, адже вони займають понад 15 млн га ріллі (50 %) у структурі посівних площ [26].

Колекції зародкової плазми Інституту генетики рослин і досліджень сільськогосподарських рослин імені Лейбніца (ІПК, Німеччина), Ресурсного центру ячменю та диких рослин Окаямського університету (Японія), Міжнародного центру сільськогосподарських досліджень посушливих районів (ICARDA, США)

та Національної колекції дрібного зерна Міністерства сільського господарства (USDA-NSGC, США) є джерелом генетичного різноманіття. Наприклад остання, містить 29 870 екземплярів ячменю, включаючи сорти, селекційні лінії, зразки диких родичів та генетичну базу з понад 100 країн [27], і була детально охарактеризованою за низкою утилітарних ознак [70]. Такі колекції є багатим джерелом зародкової плазми для пошуку нових алелів стійкості до хвороб [59], посухостійкості [86] холодостійкості, урожайності [81], а також інших важливих ознак. Одним із конкретних прикладів використання колекції USDA-NSGC є інтрогресійна стійкість до ячмінної попелиці *Diuraphis noxia* (Kurdjumov, 1913). Сорт «Burton» був створений зі стійкістю до неї, наданою PI 366450 з Афганістану [73]. Матеріал із колекції Університету Окайма послужив визначенню донорів алелів, які надають стійкості до вірусу жовтої мозаїки ячменю (ВЖКЯ) [47].

Дослідження загальногеномних асоціацій і загальногеномне прогнозування широко використовуються з метою прискорення генетичного отримання та визначення рослин стійких до захворювань. Було досліджено 1317 ліній ячменю із комерційної програми розведення, які були генотиповані та фенотиповані протягом останніх років. У ячменю було виявлено гени асоційовані зі стійкістю до рамуляріозу та борошнистої роси, а також знайдено гени стійкості пов'язані з ознаками урожайності [3, 74].

Відомо, що навіть мінімальне ураження хворобами приводить до великих втрат валового урожаю та погіршення якості отриманої продукції, тому не втрачає актуальності проблема захисту посівів від хвороб, а її вирішення потребує значних зусиль та коштів [1, 78]. Потреба світового ринку в екологічно чистій с.-г. продукції, зумовлює тенденції щодо скорочення застосування пестицидів [30]. Тому, в більшості країн підвищення стійкості рослин проти хвороб є одним з головних завдань селекції [5].

Втрати валового збору зерна ячменю щороку становлять близько 30 %, чому сприяє прогресуюче поширення та висока шкідливість хвороб різної етіології [23].

Абіотичні фактори комплексно впливають на урожай, ріст і розвиток рослин, а також ступінь ураження збудниками хвороб. Навіть тимчасова зміна одного метеопараметрів призводить до мінливості інших [79]. Генотипова стійкість рослин до хвороб, є одним із засобів протидії фітопатогенам і є найбільш економічно вигідним та екологічно безпечним методом захисту від хвороб рослин [24].

Відбір і впровадження у виробництво стійких сортів рослин, є одним із найбільш радикальних способів боротьби із захворюваннями [51].

Культивування таких сортів сприяє зниженню ураженості рослин хворобами та підвищенню кількості урожаю і його якості [65].

Відділом селекції та насінництва ячменю СГП–НЦНС було створено низку сортів ячменю, здатних давати сталі урожаї в Україні: Дев'ятий вал, Достойний, Снігова королева (ячмінь озимий), Аватар, Вакула, Сталкер (ячмінь ярий). Результати державного і екологічного сорто випробувань свідчать, про доцільність упровадження ранньої та середньостиглої груп сортів ячменю в аспекті зміни клімату не лише у зоні Степу, а й у Лісостепу України [43].

За нинішньої культури землеробства в Україні сучасні сорти ячменю реалізують свій продуктивний потенціал лише на 30 %. виправити ситуацію можливо лише суворо дотримуючись технологій вирощування, зокрема інтегрованої системи захисту від шкідливих організмів [17].

Вирощування зернових культур ускладнюється низкою чинників, і на одному з перших місць – погіршення фітосанітарного стану посівів [37]. Найбільш

реальним і доступним напрямом біологізації інтегрованої системи захисту є раціональне використання стійких сортів. Це дозволяє вирішити питання захисту врожаю і охорони довкілля [18]. Успіх селекційної роботи під час створення стійких сортів, визначається використанням перевірених джерел і донорів стійкості сільськогосподарських культур до збудників основних хвороб [9]. Так, сорт з комплексною стійкістю проти хвороб, може дати приріст урожайності в 1,0–1,5 т/га без застосування засобів захисту, порівняно із сортами, які уражуються збудниками хвороб [24].

Існуючі нині сорти мають достатньо вузьку генетичну базу, що робить їх чутливими до наслідків нових абіотичних і біотичних стресів, які можуть знизити врожайність та якість. Розвиток геномних технологій і деталізованих процедур статистичного аналізу, спричинило кардинальні зміни в характеристиках вихідного матеріалу, що, у свою чергу, дало доступ до цілеспрямованого використання генетичного різноманіття культурних рослин, у тому числі ячменю. Для ідентифікації генетичних варіантів, які призводять до цільових фенотипів, можна використовувати різні стратегії картографування. Таким чином можна визначати координати в еталонних геномах. Нові гени та/або нові алелі у відомих локусах, присутніх у диких предків, екземплярів зародкової плазми, наземних рас і неадаптованих інтродукцій, можуть бути локалізовані та спрямовані на інтрогресію та впровадження стійкості до смугастої та стеблової іржі з неадаптованої зародкової плазми [38].

Селекція на імунітет більш складна, ніж селекція на інші ознаки, бо селекціонер має справу як мінімум із двома генетичними системами – рослина-живитель та патоген, взаємовідносини між якими не завжди є стабільними, а їхній характер змінюється як у просторі, так і в часі. Завдання ще більше ускладнюється, коли селекція ведеться на імунітет до кількох шкідливих організмів, адже в одному генотипі дуже важко поєднати різні типи стійкості, особливо, коли за їхній контроль відповідають механізми, які взаємно виключаються. Стійкий сорт має характеризуватися також господарсько-цінними ознаками, бо його не буде занесено до Державного реєстру сортів [60].

Дослідженнями науковця В.М. Гудзенка було встановлено, що кількісні та якісні втрати урожаю ячменю від хвороб є суттєвими, тому стійкість до шкідливих організмів повинна постійно враховуватись у селекційних програмах щодо створення нових сортів ячменю [9]. Це свідчить, про необхідність пошуку джерел і донорів стійкості до основних хвороб у світовій колекції ячменю. В умовах Миронівського інституту пшениці ім. В.М. Ремесла НААН було виділено низку зразків різного еколого-географічного походження, які характеризуються стійкістю до основних листових хвороб. Включення даних зразків до селекційних програм сприятиме підвищенню адаптивного потенціалу створюваних сортів. Стійкістю до трьох хвороб в умовах правобережного Лісостепу характеризуються: Галатея, Європрестиж, Незабудка (Україна); Eunova, Secura (Австрія); Cebeco 0572, Dominique (Нідерланди), LP 115303, Bojos, Cristallia, Landora, Madeira, Ria (Німеччина); Josefin, Pewter (Франція); Ebson, Malz (Чехія); Nansy (Швеція) [3].

Сучасні технології селекційного процесу ячменю озимого, допомагають створити нові сорти, вирощування котрих дасть змогу отримувати найбільший урожай при відносно невеликих економічних затратах. Одним із чинників, які негативно впливають на показники урожайності, є вплив шкідливих патогенів. Створення і впровадження у виробництво сортів ячменю стійких до дії різних захворювань (з ознакою комплексної стійкості) – першочергове завдання для генетиків

і селекціонерів. Нові сорти ячменю озимого, мають високу екологічну пластичність та здатні забезпечувати стабільну врожайність. Чинником, що обмежує валовий збір зерна, а також призводить до погіршення його якості, є значне ураження ячменю хворобами. Уже очевидним стало те, що використання стійких сортів – важливий природоохоронний чинник, який забезпечує істотне зниження енергетичних витрат на виробництво рослинницької продукції. У зв'язку з цим, перед селекціонерами та фітопатологами постає потреба створення нових сортів, які в одному генотипі будуть поєднувати ознаки продуктивності та хворобостійкості [34].

На тлі погіршення екологічної ситуації, агровиробництво України має високу чутливість до коливань гідротермічних показників, притаманних сучасним кліматичним флуктуаціям. Отже, важливою є адаптація рослинницької галузі до змін клімату. Зміна чинників навколишнього середовища вимагає добору сортів і гібридів із високою екологічною адаптивністю, що дасть змогу поліпшити якість рослинної продукції. Стабільність врожайності сортів сільськогосподарських культур, зокрема, ячменю озимого, за глобальних кліматичних змін не менш важлива, ніж їхній високий генетичний потенціал продуктивності. Проблема адаптації, завжди буде займати основне місце в селекції, а також у практиці сільськогосподарського виробництва. Адаптивна технологія та селекція має на меті створення макросистем культурних рослин, максимально спрямованих на конкретний біокліматичний потенціал і біотичні фактори [51]. Розбіжності, які виникають між потенційною продуктивністю і реальною врожайністю, обумовлюють потребу в більш глибокому вивченні та розвитку теорії і практики селекції, орієнтованої на адаптивність [85].

Система адаптивного рослинництва, у зв'язку зі змінами клімату, стає невід'ємною складовою природного виробництва. Замість інтенсивних сортів на поля мають прийти адаптивні сорти, які характеризуються високою екологічною пластичністю, конкурентоспроможністю, щодо бур'янів і стійкістю до шкідників та хвороб, скоростиглістю та високою урожайністю і ценотичною сумісністю [46]. Добір сортів із високою екологічною адаптивністю дає змогу суттєво зменшувати залежність агроценозів від нерегульованих чинників навколишнього середовища та поліпшити якість рослинницької продукції. Аналіз кліматичних чинників виявляє стрімкі зміни погодних умов із значними коливаннями температурних показників і кількості опадів, а найбільшими ризиками нестабільності с.-г. виробництва є інтенсивність, тривалість і поширеність посух [87].

Одним із основних критеріїв цінності нових сортів є їхня екологічна стійкість, а основним питанням адаптації – встановлення взаємодії генотипу та середовища, як частини фенотипової варіації. Ступенем відповідності між генотипом і середовищем є норма реакції на умови вирощування, котра визначається адаптивними властивостями сортів [8].

Висновки:

1. З проведеного критичного аналізу вітчизняних і закордонних наукових та науково-популярних інформаційних джерел робимо висновок, що в агроценозах ячменю озимого можна спостерігати хвороби грибної та вірусної етіології: борошниста роса, гельмінтоспориоз, кореневі гнилі, темно-буру, смугасту і сітчасту плямистість, ринхоспориоз, септоріоз, штрихувата та жовту мозаїку. Окремі види фітопатогенів із малопоширених перейшли до розряду особливо небезпечних, а викликані ними хвороби набувають епіфітотійного розвитку.

2. Хвороб ячменю озимого є одними з основних чинників, які дестабілізують виробництво агропродукції. Масове збільшення питомої ваги зернових культур

у сучасних сівозмiнах, порушення агротехнiки разом з високою забур'яненiстю ускладнюють фiтосанiтарний стан агроценозiв.

3. Надзвичайно важливою є адаптацiя рослинницької галузi до змiн клiмату. Змiна чинникiв навколишнього середовища вимагає добору сортiв i гiбридiв iз високою екологiчною адаптивнiстю, що дасть змогу полiпшити якiсть рослинної продукцiї.

4. Таким чином перед селекцiонерами та фiтопатологами постає потреба створення нових сортiв, якi в одному генотипi будуть поєднувати ознаки продуктивностi та хворобостiйкостi

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Андрiйченко Л. В., Лавришина О. Є. Сорти-дворучки ячменю озимого для вирощування в умовах Пiвдня Миколаївської областi. *Зерновi культури*. Том 3. № 2. 2019. С. 286-292.

2. Безноско І., Дем'янюк О. С., Мостов'як І. І. Фітопатогенний контроль збудникiв основних видiв хвороб зернових колосових культур грибної етiологiї. *Науковий вiсник УжНУ. Сер. Біологія*. 2023. № 54. С. 7-12.

3. Біловус Г. Я., Терлецька М. І., Ільчук Р. В., Яремко В. Я., Виявлення джерел стiйкостi до листкових хвороб ячменю озимого для використання у селекцiї. *Передгiрне та гiрське землеробство i тваринництво*. 2023. Вип. 73 (2). С. 22-35. DOI:10.32636/01308521.2023-(73)-2-2.

4. Біловус Г.Я., Ващишин О.А., Пристацька О.Н. Темно-бура плямистiсть ячменю озимого в умовах Лiсостепу Захiдного. *Вiсник аграрної науки*. 2023. № 12 (849). С. 45-50. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202312-06>

5. Біловус Г. Я., Марухняк А. Я. Екологiчне сортовипробування ячменю озимого в умовах Лiсостепу Захiдного. *Передгiрне та гiрське землеробство i тваринництво*. 2019. Вип. 66. С. 38-51.

6. Бублик Л. І., Васечко Г. І., Васильєв В. П. та iн. Довiдник iз захисту рослин /за ред. М. П. Лiсового. Киiв: Урожай, 1999. С. 93-110.

7. Буняк Н. М. Оцiнка колекцiйних зразкiв ячменю ярого за комплексом цiнних господарських ознак в умовах носiвської селекцiйно-дослiдної станцiї. *Вiсник УНУС*. 2023. № 1. С. 7-17.

8. Гораш О. С., Климишена Р. І. Формування урожайностi зерна ячменю ярого. *Вiсник аграрної науки*. 2008. № 6. С. 25-27.

9. Гудзенко В. М., Василькiвський С. П. Виведення сортiв ячменю озимого адаптованих до сучасних умов Лiсостепу України. *Збiрник наукових праць Уманського НУС*. 2017. Вип. 90. Ч. 1. С. 63-70.

10. Гудзенко В. М. Оцiнка селекцiйних лiнiй ячменю озимого за продуктивнiстю та адаптивнiстю в умовах Лiсостепу України. *Селекцiя i насiнництво*. 2014. Вип.106. С. 13-23.

11. Гудзенко В. М. Селекцiйна оцiнка колекцiйних зразкiв ячменю озимого в умовах Лiсостепу України. *Агробiологія*. 2014. № 2. С. 29-33.

12. Гудзенко В.М. Урожайнiсть, пластичнiсть та стабiльнiсть ячменю озимого у центральному Лiсостепу України. *Селекцiя i насiнництво*. 2013. Вип. 103. С. 231-240.

13. Джам М. А., Райчук Л. В. Фузарiоз колосу озимої пшеницi. *Захист рослин*. 2004. № 1. С. 5.

14. Демидов О. А., Василькiвський С. П., Гудзенко В. М. Еколого-генетичнi аспекти селекцiї ячменю озимого щодо пiдвищення його продуктивного та адаптивного потенцiалу у Лiсостепi України. *Агроекологiчний журнал*. 2017. № 2. С. 194-200.

15. Круть, М. В. Iнновацiї з наукового забезпечення селекцiї зернових культур на стiйкiсть проти хвороб та шкiдникiв. *Захист i карантин рослин*, 2020. № 3. С. 137-145.

16. Курцев В. О., Секун М. П. Роль агротехнічних заходів у регулюванні чисельності шкідників озимої пшениці. *Захист і карантин рослин*. 2003. Вип. 49. С. 84-91.
17. Лінчевський А.А., Легкун І.Б. Нове ставлення до культури ячменю і селекція в умовах зміни клімату. *Вісник аграрної науки*. 2020. № 9(810) С. 34-42. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202009-05>
18. Лінчевський А. А., Легкун І. Б., Бабаш А. Б., Щербина З. В. Пріоритети в селекції ячменю (*HORDEUM vulgare* L.) для сучасних умов виробництва зерна в Україні. *Збірник наукових праць СГІ–НЦНС*. 2017. Вип. 30 (70). С. 23-39.
19. Лінчевський А.А. Ячмінь – джерело здорового способу життя сучасної людини. *Вісник аграрної науки*. 2017. № 12. С. 14-21.
20. Лісовий М.П., Кононенко Ю.М. Поліморфізм вірулентності збудника борошнистої роси ячменю в центральному Лісостепу. *Вісник аграрної науки*. 2007. № 4. С. 15-18.
21. Марков І.Л. Хвороби ячменю та методи їх контролю. *Агроном*. 2008. № 4. С. 162-179.
22. Миронівський інститут пшениці імені В.М. Ремесла Національної академії наук України (1912-2012) / За ред. В.С. Кочмарського. Миронівка, 2012. 816 с.
23. Муха Т. І., Мурашко Л. А. Сорти пшениці озимої з груповою стійкістю проти хвороб для Лісостепу України. *Миронівський вісник*. 2017. Вип. 4. С. 132-134.
24. Нарган Т. П. Виявлення джерел стійкості до листостеблових хвороб пшениці м'якої озимої для використання в селекції. *Генетичні ресурси рослин*. 2015. № 17. С. 11-20.
25. Панфілова А. В., Корхова М. М. Сортовипробування ячменю озимого в умовах Південного Степу України. *Аграрні інновації*, 2021. № 9. С. 69-74.
26. Парфенюк А. І., Волощук Н. М. Формування фітопатогенного фону в агроценозах. *Агроекологічний журнал*. 2016. № 4. С. 106-114.
27. Петриченко В. Ф, Лихочвор В. В. Рослинництво. Нові технології вирощування польових культур : підручник. Львів, 2020. 806 с.
28. Піковський М., Кирик М. Початок вегетації ячменю озимого: небезпечні мікози. *Пропозиція*. № 10. 2018 Електронний ресурс. Режим доступу: <https://propozitsiya.com/ua/pochatok-vegetaciyi-yachmenyu-ozymogo-nebezpechni-mikozy>
29. Ретьман С.В., Довгань С.В. Фітосанітарний стан зернових колосових. *Карантин і захист рослин*. 2010. № 3. С. 2-5.
30. Рибалка О.І., Моргун Б.В., Поліщук С.С. Ячмінь як продукт функціонального харчування. Київ: Логос, 2016. 619 с.
31. Рибалка О.І. Якість пшениці та її поліпшення. Київ, Логос, 2011. 495 с.
32. Сабатин В.Я. Сорти ячменю ярого для селекції на імунітет. *Селекційно-генетична наука і освіта*: матеріали міжнародної наукової конференції. Умань, 2016. С. 305-310.
33. Солодушко М.М., Солодушко В.П., Гасанова І.І., Ярошенко С.С. Вплив строків сівби озимого ячменю після різних попередників на його урожайність. *Агроном*. 2019. Електронний ресурс. Режим доступу: <https://www.agronom.com.ua/vplyv-strokov-sivby-ozymogo-yachmenyu-pislya-riznyh-poperednykiv-na-jogorozvytok-i-urozhajnist/>
34. Солонечний П. М. Гомеостатичність та селекційна цінність сучасних сортів ячменю ярого. *Селекція і насінництво*. 2013. Вип. 103. С. 36-41.
35. Станкевич С. В., Забродіна І. В., Білик М. О., Євтушенко М. Д, Туренко В. П., Леженіна І. П., Малина Г. В. Теорія і технологія прогнозування і прийняття рішень у захисті і карантині рослин: навч. посіб. Харків: Видавництво Іванченка І.С., 2021. 269 с.
36. Тітов І.О., Жукова Л.В., Станкевич С.В. Основні хвороби в посівах ячменю озимого на півдні України. *Таврійський науковий вісник*. 2024. № 138. С. 182-192.

DOI: <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.138.2390>. Трибель С.О. Стійкі сорти: проблеми і перспективи. *Карантин і захист рослин*. 2005. № 4. С. 3-5.

37. Трибель С.О. Стійкі сорти: проблеми і перспективи. *Карантин і захист рослин*. 2005. № 4. С. 3-5.

38. Трибель С.О., Гетьман М.В., Стригун О.О., Г.М. Ковалишина, Андрющенко А.В. Методологія оцінювання стійкості сортів пшениці проти шкідників і збудників хвороб / За редакцією С.О. Трибеля. Київ: Колобіг. 2010. 392 с.

39. Федоренко В. П. За екстремальної ситуації. Інтегрована система захисту сільськогосподарських культур. *Захист рослин*. 2003. № 7. С. 1-2.

40. Чайка О. В., Ключевич М. М., Рябчук П. О., Тимошук Т. М. Поширення і шкідливість грибних хвороб ячменю ярого в умовах Полісся. *Збірник наукових праць ВНАУ*. 2011. № 9(49). С. 144-151.

41. Чайка О. В., Чайка А. В., Ключевич М. М. Вплив абіотичних факторів на розвиток основних хвороб ячменю ярого в умовах Полісся України. *Вісник ЖНАЕУ*. 2009. № 2. С. 80-87.

42. Чайка О.В., Шеремет Ю.В., Чайка Т.В., Капралюк М.П. Ефективність комплексних обробок посівів ячменю озимого проти хвороб. *Вісник ЖНАУ*. 2015. № 2(1). С. 120-127.

43. Шахова Н. М., Шаповалов А. І. Хвороби озимого зернового поля. *Наукові праці. Екологія*. 2014. Вип. 220. Том 232. С. 58-61.

44. Abdel-Ghani A. H., Parzies H. K., Omary A., Geiger H. H. Estimating the outcrossing rate of barley landraces and wild barley populations collected from ecologically different regions of Jordan. *Theor. Appl. Genet.* 2004. № 109. P. 588-595. doi: 10.1007/s00122-004-1657-1.

45. Ashwini R., Patil P. V. In vitro evaluation of commercially available botanicals against *Bipolaris sorokiniana* (Sacc.) Shoem. an incitant of spot blotch of wheat. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 2020. № 9(3). P. 819-821.

46. Biel W., Jacyno E., Kawecka M. Chemical composition of hulled, dehulled and naked oat grains. *South Afr. J. of Animal Sci.* 2014. Vol. 44. P. 189-197.

47. Bregitzer P., Mornhinweg D., Hammon R., Stack M., Baltensperger D., Hein G. Registration of 'Burton' barley. *Crop Sci.* 2005. Vol. 45. P. 1166-1168. doi: 10.2135/cropsci2004.0461CV

48. Clark R. V. Yield losses in barley cultivars caused by spot blotch. *Canadian J. Plant Pathol.* 1979. Vol. 1. P. 113-117.

49. Dai F., Nevo E., Wu D., Comadran J., Zhou M., Qiu L., et al. Tibet is one of the centers of domestication of cultivated barley. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 2012. № 109. P. 16969-16973. doi: 10.1073/pnas.1215265109.

50. Davis W. Wheat belly: lose the wheat, lose the weight, and find your path back to health. *Emmaus*. 2011. P. 73-79.

51. Devasagayam T. P. A., Tilak J. C., Bloor K. K., Sane K. S., Ghaskadbi S. S., Lele R. D. Free radicals and antioxidants in human health: current status and future prospects. *Jap.* 2004. № 52(794804). P. 4.

52. Dreiseitl A. Adaptation of *Blumeria graminis* f. sp. hordei to barley resistance genes in the Czech Republic in 1971-2000. *Plant Soil Environ.* 2003. V. 46(6). P. 241-248.

53. Eberhart S. A., Russel W. A. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Sci.* 1966. № 6. P. 36-40

54. Gamayunova V. V., Fedorchuk M. I., Kuvshinova A. O., Nagirniy V. V. The grain yield of winter barley varieties in the Southern Ukraine depending on factors and conditions of vegetation years. *Natural and Technical Sciences*, 2019. № 7 (215). P. 7-10.

55. Griffey C. A., Das M. K., Baldwin R. E., Waldenmaier C. M. Yield losses in winter barley resulting from a new race of *Puccinia hordei* in North America. *Plant Dis.* 1994. Vol. 78. P. 256-260.

56. Harlan J. R., De Wet J., Price E. G. Comparative evolution of cereals. *Evolution*. 1973. № 27. P. 311-325. doi: 10.1111/j.1558-5646.1973.tb00676.x.
57. Harlan J. R., Zohary D. Distribution of wild wheats and barley. *Science*. 1966. № 153. P. 1074-1080. doi: 10.1126/science.153.3740.1074.
58. Hayes P. M., Blake T., Chen T. H., Tragoonrung S., Chen F., Pan A., et al. Quantitative trait loci on barley (*Hordeum vulgare* L.) chromosome 7 associated with components of winterhardiness. *Genome*. 1993. № 36. P. 66-71. doi: 10.1139/g93-009
59. Hemshrot A., Poets A. M., Tyagi P., Lei L., Carter C. K., Hirsch C. N. Development of a multiparent population for genetic mapping and allele discovery in six-row barley. *Genetics*. 2019. № 213. P.595-613. doi: 10.1534/genetics.119.302046.
60. Hernandez J., Meints B., Hayes P. Introgression breeding in barley: perspectives and case studies. *Frontiers in plant science*, 2020. № 11. P. 761.
61. Hoheneder F., Hofer K., Groth J., Herz M., Heß M., Hückelhoven R. Ramularia leaf spot of barley is highly host genotype dependent and suppressed by persistent drought stress in the field. *Journal of Plant Diseases and Protection*. 2021. № 128. P. 749-767.
62. Jiang C., Kang J., Ordon F., Perovic D., Yang P. Yellow mosaic of barley and wheat caused by bimovirus: viruses, genetic resistance and functional aspects. *Theoretical and Applied Genetics*. 2020. № 133(5). P.1623-1640.
63. Keller B., Krattinger S.G. A new player in race-specific resistance. *Nat. Plants*. 2018. № 4. P.197-198.
64. Li C., Lu X., Zhang Y., Liu N., Li C., Zheng W. The complete mitochondrial genomes of *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* and *Puccinia recondita* f. sp. *tritici*. *Mitochondrial DNA Part B*. 2020. № 5(1). P.29-30.
65. Luz S., Masoodian M. Exploring environmental and geographical factors influencing the spread of infectious diseases with interactive maps. *Sustainability*. 2022. № 14(16). 9990
66. McDonald B.A., Linde C. Pathogen population genetics, evolutionary potential, and durable resistance. *Annu. Rev. Phytopathol.* 2002, № 40, P. 349-379.
67. Molnar L., Grozea I., Ștef R., Virteiu A. M., Damianov S., Cărbăț A. Monitoring the attack of Septoria tritici Rob. et Desm. in Timis county in 2020. *Research Journal of Agricultural Science*, 2021. № 53(1). P. 116-119.
68. Morrell P. L., Clegg M. T. Genetic evidence for a second domestication of barley (*Hordeum vulgare* L) east of the Fertile Crescent. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 2007. № 104. P. 3289-3294. doi: 10.1073/pnas.0611377104.
69. Mundt C.C. Probability of mutation to multiple virulence and durability of resistance gene pyramids. *Phytopathology*. 1990. № 80, P. 221-223.
70. Muñoz-Amatrián, M., Cuesta-Marcos, A., Endelman, J. B., Comadran, J., Bonman, J. M., Bockelman, H. E. The USDA barley core collection: genetic diversity, population structure, and potential for genome-wide association studies. *PLoS One*. 2014. Електронний ресурс. Режим доступу: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0094688> doi: 10.1371/journal.pone.0094688
71. Murray G.M., Brennan J.P. Estimating disease losses to the Australian barley industry. *Australas. Plant Pathol.* 2010. № 39. P.85-96.
72. Newman R., Newman C. Barley for food and health. Science, technology and products. *John Wiley & Sons, Inc. Publications, Hoboken, New Jersey*. 2008. 245 p.
73. Nice L., Huang Y., Steffenson B. J., Gyenis L., Schwarz P., Smith K. P. Mapping malting quality and yield characteristics in a North American two-rowed malting barley × wild barley advanced backcross population. *Mol. Breed.* 2019. Vol. 39. P.121. doi: 10.1007/s11032-019-1030-3
74. Okada Y., Kanatani R., Arai S., Ito K. Interaction between barley yellow mosaic disease-resistance genes rym1 and rym5, in the response to BaYMV strains. *Breed. Sci.* 2004. Vol. 54. P. 319-325. doi: 10.1270/jsbbs.54.319

75. Sainenac C., Cambon F., Aouini L., Verstappen E., Ghaffary S. M. T., Poucet T., Langin T. A wheat cysteine-rich receptor-like kinase confers broad-spectrum resistance against *Septoria tritici* blotch. *Nature Communications*, 2021. № 12(1). P. 433.
76. Tekiela A. Occurrence of diseases and colonization of winter wheat grain by pathogenic fungi in organic farms in the Podlasie region. *J. Res. Appl. Agric. Eng.* 2008. V. 53. P. 120-122.
77. van Ginkel M., Flipphi R. Why self-fertilizing plants still exist in wild populations: diversity assurance through stress-induced male sterility may promote selective outcrossing and recombination. *Agronomy*. № 10. P. 349. doi: 10.3390/agronomy10030349.
78. Vasylykivskyi S. P., Sabadyn V. Ya. Resistance of spring barley plants to diseases depending on the genotype of the variety. *Myronivskyi visnyk*. 2015. Issue 1. P. 156-169. Електронний ресурс. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/myrbull_2015_1_17
79. Vasylykivskyi S., Gudzenko V. Winter barley selection in steady grain production provision in the Central Forest-steppe of Ukraine. *Агробіологія*. 2017. № 1. С. 25-33.
80. Vendelbo N. M., Mahmood K., Sarup P., Kristensen P. S., Orabi J., Jahoor A. J. S. R. Discovery of a novel powdery mildew (*Blumeria graminis*) resistance locus in rye (*Secale cereale* L.). 2021. *Scientific Reports*, № 11(1). P. 23057.
81. Visioni A., Tondelli A., Francia E., Pswarayi A., Malosetti M., Russell J. Genome-wide association mapping of frost tolerance in barley (*Hordeum vulgare* L.). *BMC Genomics*. 2013. Vol. 14. P. 424. doi: 10.1186/1471-2164-14-424
82. Wang L., Xue Q., Newman R. et al. Tocotrienol and fatty acid composition of barley oil and their effects on lipid metabolism. *Plant Foods Hum. Nutr.* 1993. V. 43. P. 9-17.
83. Wiewióra, B., Żurek, G. The Infection of Barley at Different Growth Stages by *Bipolaris sorokiniana* and Its Effect on Plant Yield and Sowing Value. *Agronomy*, 2024. № 14(6). P. 1322.
84. Wolfe M.S. Crop strength through diversity. *Nature*. 2000. № 406. P. 681-682.
85. Yan W. Genotype-by-environment interaction and trait association in two genetic populations of oat. *Crop Sci.* 2016. Vol. 56. P. 1136-1145
86. Yun S. J., Gyenis L., Bossolini E., Hayes P. M., Matus I., Smith K. P. Validation of quantitative trait loci for multiple disease resistance in barley using advanced backcross lines developed with a wild barley. *Crop Sci.* 2006. № 46. P. 1179-1186. doi: 10.2135/cropsci2005.08-0293
87. Zhy F., Du B., Xu B. A critical review on production and industrial application of beta-glucan. *Food Hydrocol.* 2016. Vol. 52. P. 275-288.
88. Zohary D., Hopf M. Domestication of Plants in the Old World: The Origin and Spread of Cultivated Plants in West Asia, Europe and the Nile Valley. Oxford: Oxford University Press. 2000 p.

Дата першого надходження рукопису до видання: 03.09.2025

Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 23.10.2025

Дата публікації: 05.12.2025