

УДК 631.524.86:633.16+632.4

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2023.133.5>

ОЦІНКА КОЛЕКЦІЇ СОРТІВ ЯЧМЕНЮ ЯРОГО НА СТІЙКІСТЬ ДО ЗБУДНИКА БОРОШНИСТОЇ РОСИ

Кононенко Ю.М. – к.б.н.,

асистент кафедри захисту, генетики і селекції рослин,

Одеський державний аграрний університет

Ячмінь ярий є передовою зернофуражною культурою, яка є більш дешевою за витратами на вирощування ніж пшениця та кукурудза. Використовується в якості незамінної сировини в пивоварній та харчовій промисловості, кормовиробництві, успішно культивується в широкому діапазоні кліматичних умов. В сучасних умовах через порушення сівозміни і перенасичення їх злаковими культурами, впровадження різноманітних технологій мінімального обробітку ґрунтів та зміни агрокліматичних умов відбуваються суттєві зміни у розв'язку, поширенні та шкідочинності патогенних організмів в агроценозах України. Незважаючи на успіхи, досягнуті в хімічному захисті рослин від хвороб, використання стійких сортів залишається економічно вигідним та екологічно безпечним засобом захисту проти шкідливих організмів. У статті наведено результати досліджень імунологічного аналізу стійкості сортів ячменю ярого до збудника борошністої роси в зоні Правобережного Лісостепу України та встановлення перспективних джерел на стійкість до патогену. Оцінено стійкість сортів на природному інфекційному фоні та при штучній інокуляції в лабораторних умовах Інституту захисту рослин НААН. За результатами досліджень встановлено стійкість сортів української та зарубіжної селекції до збудника хвороби в польових та лабораторних умовах. Виявлено сорти з ознаками ювенільної стійкості. В результаті досліджень виділено ряд сортозразків – Контраст, Азарт, Щедрик, Пан, Danielle, Shuffle, Antigone, Zeppelin, Хорс, Тобол, Paulis, CDC Gainer, CDC Mcgwire, Roseland які можна рекомендувати як джерела стійкості до збудника борошністої роси ячменю «дорослих рослин», так і з ознаками ювенільної стійкості – Радзіміч, Фієста, Inari, Кредо, Суп-ардос, Grace, Brier, Henrike, Arthur, Linus, Степан, Медікум 139, Омський 99. Дані сорти є цінними джерелами і рекомендуються для залучення в селекційний процес при створенні нових перспективних сортів ячменю ярого з високими показниками стійкості.

Ключові слова: стійкість, сорт, ячмінь ярий, борошніста роса, джерела стійкості, ювенальна стійкість.

Kononenko Yu.M. Evaluation of the collection of spring barley varieties for resistance to powdery mildew collection spring barley

Spring barley is an advanced forage crop that is cheaper to grow than wheat and corn. It is used as an irreplaceable raw material in the brewing and food industry, fodder production, and is successfully cultivated in a wide range of climatic conditions. In modern conditions, due to disruption of crop rotation and their oversaturation with cereal crops, the introduction of various technologies of minimal tillage and changes in agro-climatic conditions, significant changes occur in the development, spread and harmfulness of pathogenic organisms in the agrocenoses of Ukraine. Despite the successes achieved in chemical protection of plants against diseases, the use of resistant varieties remains an economically beneficial and ecologically safe means of protection against harmful organisms. The article presents the results of immunological analysis of the resistance of spring barley varieties to the powdery mildew pathogen in the Right Bank Forest-Steppe zone of Ukraine and the establishment of promising sources of resistance to the pathogen. The resistance of the varieties against a natural infection background and during artificial inoculation in the laboratory conditions of the Institute of Plant Protection of the National Academy of Sciences was evaluated. Based on the results of research, the resistance of Ukrainian and foreign selection varieties to the causative agent of the disease in field and laboratory conditions was established. Varieties with signs of juvenile resistance were identified. As a result of the research, a number of varieties were selected – Contrast, Azart, Shchedryk, Pan, Danielle, Shuffle, Antigone, Zeppelin, Hors, Tobol, Paulis, CDC Gainer, CDC Mcgwire, Roseland, which can be recommended as sources of resistance to the causative agent of powdery mildew of barley "adult plants", as well as with signs of juvenile resistance – Radzimich, Fiesta, Inari, Credo,

Syrardos, Grace, Brier, Henrike, Arthur, Linus, Stepan, Medikum 139, Omsky 99. These varieties are valuable sources and are recommended for inclusion in breeding the process of creating new promising varieties of spring barley with high resistance indicators.

Key words: *resistance, grade, barley, powdery mildew, sources of resistance, juvenile resistance.*

Ячмінь – цінна зернова культура, яка є більш дешевою за витратами на вирощування ніж пшениця та кукурудза. Використовується в якості незамінної сировини в пивоварній, харчовій промисловості, кормовиробництві, а також успішно культивується в широкому діапазоні кліматичних умов. Останнім часом через порушення сівозмін і перенасичення їх злаковими культурами, впровадження різноманітних технологій мінімальної обробки ґрунтів та зміни агрокліматичних умов відбуваються суттєві зміни у розвитку, поширенні та шкодочинності патогенних організмів в агроценозах України. Значної шкоди ячменю ярому завдають грибні хвороби – порушують нормальний ритм розвитку рослин, негативно впливають на налив зерна, знижуючи його крупність і виповненість та підвищуючи плівчастість, що відображається на технологічних властивостях, особливо харчового ячменю [1, с. 143].

Популяції збудників хвороб формуються під впливом чинників зовнішнього середовища. Зміна кліматичних умов, пов'язана з потеплінням призвела до зростання поширення та шкодочинності борошнистої роси на ячмені, збудником якої є гриб *Blumeria graminis f. sp. hordei*. Механізм шкідливості патогена полягає у поглинанні гаусторіями гриба поживних речовин із епідермальних клітин листя та покритті міцелієм поверхні уражених органів рослини, що спричиняє порушення процесів фотосинтезу. Енергія фотосинтезу падає, а інтенсивність дихання зростає, що в свою чергу, перешкоджає росту і розвитку рослин. У зв'язку з чим зменшується вага зерен, вміст білка в зерні, число продуктивних пагонів і затримується ріст коріння. В зерні знижується співвідношення вуглеводів та білків, що відображається на якості пивоварного ячменю. Якість зерна є актуальною проблемою особливо в теперішній час, коли пивоваріння є досить розвинутою і прибутковою галуззю в Україні. Втрати врожаю залежать від ступеня ураження рослин і можуть коливатися в межах 10–36% [2, с. 148].

Епідемії хвороби викликані швидкою послідовністю безстатевих циклів розмноження, які починаються з потрапляння повітряним шляхом конідій на поверхню рослини-господаря. Через декілька хвилин конідії проростають. На протязі 3 днів після інкуляції конідиеносці розвиваються із спеціалізованих клітин ніжок і виробляють велику масу конідій: так звану «борошністу росу» на рослині. В кінці сезону росту господаря, сумісні штами з'єднуються і утворюються клейстотеції, які призначені для зберігання збудника у стані спокою для виживання у несприятливих умовах. За даними японських учених у збудника борошнистої роси в природних умовах в одному локусі за добу відбувається до 10 000 мутацій. Це свідчить про високий потенціал патосистеми і тому хвороба вимагає постійного контролю для економічно вигідного вирощування ячменю, який досягається за рахунок використання фунгіцидів та стійких сортів [2, с.149; 3, с.108; 4, с. 284; 5, с. 153; 6, с.748].

Вирощування стійких сортів попереджує не тільки недобір врожаю від втрат, але значно знижує накопичення інфекції в посівах. Навіть при потребі застосування хімічного захисту від хвороб на сортах, що менше уражуються, позитивний ефект досягається при меншій кількості хімічних обробок і знижених нормах витрати пестицидів. До того ж, у системах органічного землеробства застосування

пестицидів виключається, тому для вирощування екологічно чистої продукції створення стійких сортів є необхідною умовою.

Успішна селекційна програма зі створення нових сортів будь-яких культур можлива лише за використання нових надійних джерел генетичного різноманіття, при наявності відповідного вихідного матеріалу. У зв'язку з цим дослідження колекцій польових культур допомагає вивчити та проаналізувати загальний потенціал виду, виділити вихідний матеріал з цінними господарськими ознаками, що допоможе селекціонеру швидше та ефективніше підбирати батьківські форми для схрещування. Створення стійких генотипів з економічної та екологічної точки зору є найоптимальнішим заходом для захисту рослин. Геном паразита постійно знаходиться в мутаційних та рекомбінаційних процесах, внаслідок чого виникають нові раси з високою репродуктивною та міграційною здатністю [7, с. 20], що призводить до поширення епіфітотій хвороб та втрати сортами стійкості. Тому пошук нових джерел та донорів стійкості є дуже актуальним питанням в нинішній час, що і було метою наших досліджень.

Нині в усьому світі інформація про джерела та донори стійкості проти тих чи інших збудників хвороб накопичується і систематизується у Центрах генетичних ресурсів рослин, де зберігаються колекції насіння зразків з відомими генами стійкості та визначеними донорськими властивостями. Банки генів стійкості проти фітопатогенів різних культур є цінним надбанням для селекціонерів, які працюють в галузі імунітету [8, с. 15].

Селекцію ячменю широко розгорнуто у багатьох країнах, що сприяє постійному створенню сортів та ліній з новою рекомбінацією генів при гібридизації та виникненню генів у новому стані шляхом індукованого мутагенезу, які у свою чергу є цінним генетичним матеріалом для подальшої селекції. Тому вивчення селекційного матеріалу та сортів ячменю, створених у різних еколого-географічних умовах, не втратило практичної цінності і сприяє виділенню джерел цінних господарських ознак, які слід активно залучати у селекційний процес. Однак при цьому також слід підбирати батьківські компоненти з урахуванням їх генетичного походження. Наприклад, відомою є досить вузька генетична основа селекції ячменю у західноєвропейських країнах. Натомість значну частину світового генофонду до цього часу не залучено до селекційної роботи. Для прикладу, в Україні сорти, занесені до Держреєстру станом на 2015 р., належать лише до восьми різновидів – *nutans* Shubl., *medicum* Koern., *submedicum* Orl., *deficiens* Koern., *pallidum* Ser., *rikotense* Regel., *inerme* Koern., *nudum* L. Причому сорти, що належать до останніх двох різновидів, було зареєстровано лише в останні роки [9, с. 25].

За оцінкою ФАО у різних колекціях світу *ex situ* зберігається більше 280 тис. зразків ячменю. Однак кількість оригінальних зразків є дещо перебільшеною у зв'язку з дублікацією. Генетичним банком міжнародного центру ICARDA у співпраці з Європейською базою даних ячменю (European Barley Data Base) та низкою інших установ, що проводять роботу з формування та вивчення колекцій, було створено проект інвентаризації, підтримання та обміну інформацією світового генофонду ячменю – Global inventory of barley genetic resources (GIBGR). Відповідно до нього світовий генофонд ячменю оцінюється в більш ніж 176 тис. зразків. Із 129 тис. зразків, для яких встановлено таксономічну приналежність, 66 тис. (51%) становлять місцеві форми (*landrace*). Селекційні сорти нараховують 36173 зразки, з яких у 25291 відомі родоводи, селекційні лінії – 19 тис. зразків. *Hordeum spontaneum* C. Koch. представлений 12,5 тис. зразків. Види, що належать до вторинного та третинного генофондів ячменю, нараховують 1351 зразок [10, с. 32].

Отже, ефективний генетичний захист рослин базується на: 1) фундаментальних дослідженнях механізмів мінливості популяцій фітопатогенних організмів – визначенні адаптаційного потенціалу патогенів, інтенсивності генного потоку, дрейфу генів; 2) виявленні генетичної різноманітності стійкості рослин до хвороб і 3) наявності ефективних біотехнологічних методів селекції стійких сортів. Тому головними задачами сучасної фітопатології та генетики є пошук для селекції джерел, донорів, нових генів стійкості та постійний контроль популяцій збудників хвороб.

Матеріали та методики досліджень. Дослідження проводились на дослідній ділянці лабораторії імунітету сільськогосподарських рослин до хвороб Інституту захисту рослин НААН в Дослідно-виробничому відділі Інституту фізіології та генетики НАНУ с. Глеваха, Васильківського району Київської області, Правобережний Лісостеп України. Вихідним матеріалом були селекційні сортозразки ячменю ярого різного еколого-географічного походження з колекцій Національного центру генетичних ресурсів рослин України, наданих Устимівською дослідною станцією рослинництва Інституту рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН. Колекція складалась із 78 сортів, різного географічного походження – з Болгарії, Казахстану, Польщі, Франції, Чехословачії, Канади, Німеччини, Австрії, та українські сорти.

Ступінь стійкості сортів у польових умовах визначали за інтегрованою 9-бальною шкалою оцінок стійкості зернових колосових культур до борошністої роси. Сорти розподілили на 3 групи: 1) стійкі (бал 7 і вище); 2) відносно стійкі та відносно сприйнятливі (бал 5 та 6); 3) сприйнятливі (бал 4 та нижче) [11].

Стійкість до збудника потрібно вивчати на різних стадіях онтогенезу рослин, оскільки роль вікового фактора в стійкості достатньо велика, тому ми визначали стійкість і в лабораторних умовах за допомогою бензимидазольного методу. Дослідження проводились в теплиці та кліматичних камерах ІЗР НААН. Оцінка проводилась на 7–8-й день після інокуляції. Реакцію сортів визначали за міжнародною якісною шкалою Майнса та Дітца, де 0–2 – стійкість, а 3, 4 – сприйнятливості [7].

Результати досліджень. Розвиток та швидкість поширення збудника борошністої роси на ячмені ярому здебільшого визначаються біологічними та генетичними особливостями сортів. Але, разом з тим, значний вплив на інтенсивність їх ураження мають метеорологічні умови, зокрема кількість опадів і температура. У межах регіону сума опадів може бути однаковою, але забезпечення рослин водою різне. Пояснюється це відношенням кількості опадів до випаровування. Оптимальними умовами для зараження і розвитку збудника борошністої роси є температура 17–20°C і відносна вологість повітря 80% і вище. Чинниками, що стримують його розвиток, є спекотна, суха погода з денною температурою понад 28–30°C. Окрім того, висока температура прискорює проходження фаз розвитку рослин і скорочує період для ураження їх хворобою. Стримують розвиток хвороби і рясні дощі.

Погодні умови обох років досліджень були дуже сприятливими для розвитку збудника, рівень ГТК становив 1,2 (2018 р.) та 1,4 (2019 р.) – оптимальне зволоження. Надмірна кількість опадів та сприятливі температура і вологість повітря впливали як на кількість інфекції, так і на швидкість її зростання. Динаміка розвитку хвороби мала наростаючий характер, але на деяких сортах розвиток хвороби припинявся після сильних дощів, так як інфекція змивалась водою. Розвиток хвороби на посівах ячменю ярого у 2018 р. становив 55%, у 2019 р. – 59%.

Проведені дослідження дали змогу оцінити стійкість 78 зразків у польових умовах на природному інфекційному фоні та в лабораторних при штучному зараженні. Серед досліджених зразків повністю імунних сортів не виявлено. Стійкістю на рівні 8 балів характеризувався 1 зразок (2,2%) – сорт Paulis (Чехословаччина) лише у 2018 р., а наступному році стійкість вже була подолана (5 балів). 10 зразків (12,8%) мали стійкість на рівні 7 балів із України, Канади, Польщі. 9 зразків мали бал стійкості 6 (11,5%), це матеріал переважно походженням з України, Канади. Сприйнятливістю та високою сприйнятливістю (3–5 балів) характеризувалися 59 зразків (75,7%) (табл. 1).

В результаті досліджень було виділено потенційні джерела стійкості до збудника борошнистої роси – сорти Богун, Контраст, Азарт, Щедрик, Пан, Danielle, Shuffle, Antigone, Zeppelin (7 балів – польові умови, та 0–2 бала – лабораторні умови). Сорт Великан в польових умовах характеризувався стійкістю 7 балів, а при ураженні в лабораторних умовах був нестійким і мав бал ураження 4.

Таблиця 1

Стійкість зразків ячменю ярого до збудника борошнистої роси на природному інфекційному фоні, 2018–2019 рр.

Кількість зразків	Стійкість до ураження, бал													
	>3		4		5		6		7		8		9	
	шт.	%	шт.	%	шт.	%	шт.	%	шт.	%	шт.	%	шт.	%
45	2018 р.													
	2	4,5	13	28,9	19	42,2	7	15,5	3	6,7	1	2,2	–	–
78	2019 р.													
	13	16,8	26	33,3	20	25,6	9	11,5	10	12,8	–	–	–	–

Відносну стійкість показали сортозразки Хорс, Тобол, Paulis, CDC Gainer, CDC Mcgwire, Roseland (6 балів – польові умови, та 0–2 бала стійкість лабораторних умовах). Дані сорти є перспективними джерелами для залучення до селекційного процесу. Сорти Шинар, Максат, Велес були відносно стійкими в польових умовах (бал 6), але сприйнятливими при ураженні в ювенільній стадії росту – ріст міцелію гриба був значний (3–4 бали).

Під час імунологічного аналізу селекційного матеріалу виявлено сорти з ознакою ювенільної стійкості до збудника борошнистої роси – Радзіміч та Фест, які дуже уражувались збудником в полі (4 бали), а на стадії проростків стабільно протягом 2 років показували стійкість до ураження патогеном. Можливі ознаки ювенільної стійкості у сортів – Inari, Кредо, Сир-ардос, Grace, Brier, Henrike, Arthur, Linus, Степан, Медикум 139, Омський 99, які в досліджувались лише в 2019 році і потребують ще вивчення.

За отриманими даними 2019 року було проведено кореляційний аналіз та визначено критерій Ст'юдента (t). Коефіцієнт кореляції (r) між польовим та лабораторним дослідженням дорівнював – 0,38, t -критерій дорівнював – 3,65. Критичне значення t -критерію при данному числі ступенів свободи складає 1,992. $t_{\text{набл}} < t_{\text{крит}}$, залежність ознак статистично не значна ($p > 0,05$). Тобто можна зауважити, що лабораторний метод придатний для попередньої оцінки стійкості сортів ячменю до збудника борошнистої роси. Дозволяє чітко диференціювати генотипи ячменю по стійкості і практично не поступається польовому методу досліджень. Причому даний метод дозволяє оцінювати стійкість зразків незалежно від погодних умов,

що склалися, що значно прискорює процес відбору стійких сортів для селекції, а також при належних умовах в будь-яку пору року.

Висновки. В результаті досліджень виділено ряд сортозразків – Контраст, Азарт, Щедрик, Пан, Danielle, Shuffle, Antigone, Zeppelin, Хорс, Тобол, Paulis, CDC Gainer, CDC Mcgwire, Roseland які можна рекомендувати як джерела стійкості до збудника борошнистої роси ячменю «дорослих рослин», так і з ознаками ювенільної стійкості – Радзіміч, Фест, Inari, Кредо, Сир-ардос, Grace, Brier, Henrike, Arthur, Linus, Степан, Медикум 139, Омський 99. Дані сорти є цінними джерелами і рекомендуються для залучення в селекційний процес при створенні нових перспективних сортів ячменю ярого з високими показниками стійкості.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Васько Н.І., Козаченко М.Р., Ниска І.М., Наумов О.Г., Солонечний П.М., Солонечна О.В., Важеніна О.Є., Шелякіна Т.А., Зимогляд О.В. Джерела стійкості до хвороб та цінних господарських ознак як вихідний матеріал для селекції ячменю. *Вісник ЦНЗ АПВ Харківської області*. 2018. Вип. 24. С. 143–156.
2. Takamatsu S. Phylogeny and evolution of the powdery mildew fungi (Erysiphales, Ascomycota) inferred from nuclear ribosomal DNA sequences. *Mycoscience*. 2004. № 45. P. 147–157.
3. Музафарова В.А., Рябчун В. К., Петухова І. А., Падалка О. І. Генетична колекція ячменю ярого за стійкістю до хвороб. *Селекція і насінництво*. 2016. Вип. 110. С. 107–116.
4. Wright, A.J., Carver, T.L.W., Thomas, B.J., Fenwick, N.I.D., Kunoh, H. and Nicholson, R.L. The rapid and accurate determination of germ tube emergence site by *Blumeria graminis* conidia. *Physiol. Mol. Plant Pathol.* 2000. № 57. P. 281–301.
5. Yamaoka N., Matsumoto I. and Nishiguchi M. The role of primary germ tubes (PGT) in the life cycle of *Blumeria graminis*: the stopping of PGT elongation is necessary for the triggering of appressorial germ tube (AGT) emergence. *Mol. Plant Pathol.* 2006. № 69. P. 153–159.
6. Panstruga R. and Dodds P.N. Terrific protein traffic: the mystery of effector protein delivery by filamentous plant pathogens. *Science*. 2009. № 324. P. 748–750.
7. Волкодав В.В. Методика проведення експертизи та державного сорто випробування сортів рослин зернових, круп'яних та зернобобових культур. *Охорона прав на сорти рослин* : офіц. Бюлетень. К. : Алефа. 2003. Вип. 2, Ч. 3. 241 с.
8. Лісовий М.П. Кононенко Ю.М. Поліморфізм вірулентності збудника борошнистої роси ячменю в центральному Лісостепу України. *Вісник аграрної науки*. 2007. № 4. С. 15–18.
9. Гудзенко В.М. Розширення генетичного різноманіття для селекції ячменю в умовах Центральної частини Лісостепу України. *Селекція і насінництво*. 2015. Вип. 107. С. 25–37.
10. Valkoun J., Konopka J. Global inventory of barley genetic resources. *Proceedings 9th International barley genetic symposium*: Brno, Czech Republic, 20–26 June 2004. Brno, 2004. Part 1. P. 31–38.
11. Волкодав В., Андрющенко А., Подгаєцький А. Методика проведення фітопатологічних досліджень за штучного зараження рослин проведення фітопатологічних дослідів за штучного зараження. Державна комісія України по випробуванню та охороні сортів рослин. К. : Алефа, 2001. С. 29, 37–38.