

СПОСІБ ОЦІНЮВАННЯ ТА ДОБОРУ СЕЛЕКЦІЙНОГО МАТЕРІАЛУ ОЗИМИХ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР ЗА МОРОЗОСТІЙКІСТЮ

Юрченко Т.В.¹, Пикало С.В.¹, Гудзенко В.М.², Томашевська А.М.¹

¹Миронівський інститут пшениці імені В.М. Ремесла
Національної академії аграрних наук України
08853, с. Центральне, Київська обл.

²ТОВ «НВФ «Урожай»
вул. Благовісна, 193, 18000, м. Черкаси
rykserg@ukr.net

Серед сільськогосподарських культур зернові займають перше місце, тому вирощування високих урожаїв і підвищення їхніх валових зборів – пріоритетний напрям у розвитку вітчизняного сільського господарства. Морозостійкість – одна з основних складових адаптивності сортів озимих зернових культур. Для визначення морозостійкості існує багато методів, заснованих на різних принципах дії. Переважна їхня більшість не є нині оптимальними, внаслідок чого актуальним залишається завдання створення нових і вдосконалення вже наявних методів оцінювання морозостійкості селекційного матеріалу озимих зернових культур. У представленій роботі наведено порівняльну характеристику різних способів, кожен з яких має свої переваги та недоліки. Модифіковано та удосконалено спосіб оцінювання та добору морозостійкого селекційного матеріалу озимих зернових культур, який базується на дії стресового низькотемпературного чинника, спрямованого проти виживання нестійких форм. Запропонований спосіб охороняється патентом на корисну модель. Новим є те, що оцінювання та добір генотипів проводять при проморожуванні проростків за дії підібраних диференціюючих температур впродовж підбраного часового проміжку з подальшим дорощуванням у польових умовах під осінню сівбу без проведення яровизації. Суть методу полягає в тому, що він дає змогу значно прискорити та спростити оцінювання та добір морозостійких генотипів і таким чином забезпечує скорочення селекційного процесу та зменшує матеріальні затрати на його виконання. Переваги запропонованого методу над традиційними полягають у економії енергозатрат, можливості працювати з великими вибірками зразків та контролювати умови зовнішнього середовища. Використання даного методу в селекції озимих зернових культур сприятиме створенню нових сортів, які мають цінні практичні властивості. Запропонований метод надасть можливість повніше реалізувати закладений селекціонерами потенціал продуктивності досліджуваних сортів, що сприятиме їх ефективнішому використанню як у рослинництві, так і в селекційній практиці. *Ключові слова:* озимі зернові культури, метод, стійкість, низькі температури, оцінювання.

Method of evaluation and selection of breeding material of winter cereals for frost resistance. Yurchenko T., Pykalo S., Hudzenko V., Tomashevska A.

Among agricultural crops, grains occupy the first place, so growing high yields and increasing their gross yields is a priority direction for the development of domestic agriculture. Frost resistance is one of the main components of the adaptability of winter grain crop varieties. To determine frost resistance, there are many methods based on different operating principles. The vast majority of them today are not optimal, as a result of which the task of creating new and improving existing methods for assessing the frost resistance of breeding material for winter grain crops remains urgent. The presented work provides a comparative description of various methods, each of which has its own advantages and disadvantages. The method for assessing and selecting frost-resistant breeding material for winter grain crops has been modified and improved, based on the action of a low-temperature stress factor directed against the survival of unstable forms. The proposed method is protected by a utility model patent. The new aspect is that the evaluation and selection of genotypes is carried out by freezing the seedlings under the influence of selected differentiating temperatures for a selected time period, followed by growing in field conditions for autumn sowing without vernalization. The essence of the method is that it can significantly speed up and simplify the evaluation and selection of frost-resistant genotypes and thus ensures a reduction in the breeding process and reduces material costs for its implementation. The advantages of the proposed method over conventional ones are energy savings, the ability to work with huge samples, and control environmental conditions. The use of this method in the selection of winter grain crops will contribute to the creation of new varieties with valuable practical properties. The proposed method will make it possible to more fully realize the productivity potential of the studied varieties laid down by breeders, which will contribute to their more effective use both in crop production and in breeding practice. *Key words:* winter grain crops, method, resistance, low temperatures, evaluation.

Постановка проблеми. Глобальні кліматичні зміни, що спостерігаються протягом останніх десятиліть, значною мірою впливають на валові збори зернових культур [1]. З огляду на нестабільні погодні умови, необхідно підвищувати стійкість рослин до біотичних та абіотичних чинників

довкілля [2; 3]. Несприятливі фактори вирощування зернових культур виставляють надзвичайно важливе завдання – створення нових сортів з потужним генетичним потенціалом високої продуктивності та адаптивності для одержання стабільних валових зборів зерна [4]. Дія низьких температур, особливо

в ранньовесняний період, є однією з найбільш поширених причин загибелі озимини. Під час створення сортів озимих зернових культур однією з важливих властивостей рослин, що потребує уваги на всіх етапах селекційної роботи, є здатність протистояти несприятливим умовам зимівлі, зокрема стійкість до низької температури та до її коливань протягом зимового періоду [5; 6].

Актуальність дослідження. Незадовільний стан посівів озимих культур переконує в нагальній потребі проведення селекційних досліджень у напрямі підвищення морозостійкості рослин, тобто їх здатності переносити негативні температури без незворотних шкідливих наслідків [7; 8]. Встановлено, що стійкість рослин до дії низьких температур деякою мірою корелює зі стійкістю їх до інших несприятливих умов, що спостерігаються при випріванні, дії льодяної кірки тощо [9]. У зв'язку з цим відібрані морозостійкі генотипи можуть характеризуватися і загальною зимостійкістю. З часом змінюються кліматичні умови, родючість ґрунту, адаптивність сортів, тому дослідження щодо створення та удосконалення способів оцінки і добору зразків на морозостійкість ніколи не втрачатимуть своєї актуальності.

Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями. Представлені матеріали є частиною таких науково-дослідних робіт: «Вивчити генетичні та фізіологічні складники формування адаптивного потенціалу зернових і виділити на цій основі донори морозостійкості та посухостійкості для використання в селекції озимої м'якої пшениці» (номер державної реєстрації № 0116U004005); «Особливості формування ознак і властивостей зернових культур, які визначають стійкість до абіотичних стресових чинників, в умовах Лісостепу України з використанням біотехнологічних та фізіолого-генетичних методів» (номер державної реєстрації № 0121U100435).

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Для росту і розвитку озимих зернових важливе значення має зимовий період [10; 11]. Під час зимівлі у рослин за низької температури повітря різко знижуються темпи росту та інтенсивність фізіологічних процесів, а тому вони дуже вразливі до негативних чинників зимового періоду – низьких критичних температур, особливо за відсутності снігового покриву, різких зростань температури, а також до вимокання та випирання [12; 13].

На тлі підвищення загального температурного фону осінньо-зимового періоду суттєво зріс рівень його коливання, внаслідок чого спостерігаються часті довготривалі відлиги з різкими короткочасними зниженнями температури, утворення льодової кірки, яка стає додатковим фактором вимерзання [14]. Через несприятливі умови перезимівлі в різних регіонах України майже щороку гине велика кількість посівів озимини. Ось чому таке велике значення має морозостійкість – здатність рослин пере-

носити низькі температури без незворотних шкідливих наслідків [10; 13]. Відмінності між сортами та гібридами щодо рівня морозостійкості можуть змінюватися у різних країнах відповідно до змін кліматичних умов. Під час створення сортів однією з найважливіших властивостей рослин, що потребує уваги на всіх етапах селекційної роботи, є здатність протистояти несприятливим умовам зимівлі, зокрема стійкість до низької температури та до її коливань впродовж зимового періоду [15; 16]. Незадовільний стан посівів озимих культур переконує в нагальній потребі проведення агротехнічних і селекційних досліджень у напрямі підвищення їх морозостійкості [9; 16]. Тому ця ознака є одним з необхідних складників адаптивності сортів.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Розробка та вдосконалення методів оцінювання морозостійкості є важливою складовою селекційного процесу зернових культур. Варто підкреслити, що методів оцінювання та добору рослин за морозостійкістю існує багато і залежно від цілей дослідження цієї ознаки і зони вирощування вони можуть бути різними.

Одним із методів добору озимих зернових культур на стійкість до низьких температур є польові дослідження [17]. Проте за умов змін клімату та теплих м'яких зим відібрати морозостійкий матеріал в польових умовах є досить складним завданням. В селекції озимих культур під час виведення нових сортів найбільш перевіреним і надійним є метод прямого проморожування рослин у висівних ящиках [18]. Ящики розміром 30×40 см і глибиною 12–15 см заповнюють звичайним просіяним ґрунтом на 3–4 см нижче верхнього краю. Дослідний матеріал висівають у ящику в рядки через 3–4 см по 20–25 насінин в кожному і насипають зверху ґрунту на 3 см. Весь період осені і початку зими рослини перебувають у природних умовах, де проходять першу та другу фазу загартування. Після загартування ящики транспортують з вегетаційного майданчика і поміщають в низькотемпературні камери КНТ – 1М, де проводять проморожування дослідних зразків. Оцінювання за морозостійкістю проводять через 15–20 діб після проморожування рослин у камерах.

Проте недоліками цього способу є мала пропускна здатність, значна трудомісткість, необхідність використання значної площі штучного клімату, а також те, що рослини, які вижили під час проморожування, не зберігаються для подальшого вирощування. Тобто цей метод слугує лише для оцінювання рослин за морозостійкістю, а не для добору кращих з них за вказаною ознакою.

У селекційній практиці озимих злаків для оцінювання зразків досить часто використовують метод проморожування проростків за Г. А. Самігіним [15]. Зволожені насіння пророщують в термостаті при температурі +15...+20 °С до появи проростків дов-

жиною 5–7 мм, потім викладають у марлеві мішечки по 100 штук і поміщають в ексікатор спочатку для загартування на 7 діб за температури від 0 до -2 °С, а потім на 3 доби при -4 °С. Проростки проморожують за температури від -11 до -13 °С у міні-камерах ЛВН–200Г з експозицією 24 год. Зразки розкладають в ростильні на фільтрувальний папір, накривають склом (захист від пересихання) і через 7–10 діб проводять підрахунок життєздатних рослин. Слід відмітити, що таке відносно швидке зниження температури дозволяє значно скоротити час досліду і за умови правильно підібраної температури проморожування не впливає на точність оцінювання морозостійкості зразків. Складність широкого поширення цього методу полягає в необхідності мати спеціальні морозильні та кліматичні камери.

Мета роботи – модифікувати та удосконалити існуючий спосіб добору морозостійкого селекційного матеріалу озимих зернових культур, що дасть можливість за короткий час і з необхідною вірогідністю оцінити та відібрати морозостійкі зразки.

Новизна. Модифіковано та удосконалено спосіб оцінювання та добору морозостійкого селекційного матеріалу озимих зернових культур, що обумовлений дією стресового низькотемпературного чинника, спрямованого проти виживання нестійких форм. Запропонований спосіб охороняється патентом на корисну модель (№ 153824 від 06.09.2023, бюл. № 36) [19]. Суть методу полягає в тому, що він дає змогу значно прискорити та спростити оцінювання та добір морозостійких генотипів і таким чином забезпечує скорочення селекційного процесу та зменшує матеріальні затрати на його виконання. Новим є те, що оцінювання та добір генотипів проводять при проморожуванні проростків за дії підібраних диференціюючих негативних температур впродовж підбраного часового проміжку з подальшим дорошуванням у польових умовах під осінню сівбу без проведення яровизації.

Методологічне або загальнонаукове значення. Запропонований метод оцінювання та добору морозостійкого селекційного матеріалу озимих зернових культур доповнить методологію та сприятиме створенню нових сортів із цінними практичними властивостями. Спосіб може бути використаний у селекційних центрах, науково-дослідних установах та дослідних станціях.

Виклад основного матеріалу. Найбільш близьким по технічній суті є аналогічний спосіб, згідно якого оцінювання та добір генотипів проводять за проморожування проростків при дії підібраних диференціюючих температур протягом підбраного часового проміжку з наступним дорошуванням у відкритому ґрунті [20]. Даний спосіб прийнято за найближчий аналог. Попередньо проросле зерно у марлевих мішечках складають у скляний ексікатор та проморожують за схемою: перша фаза загартування за температури +1 °С протягом 8 діб, друга

фаза загартування – 3 доби за температури -4 °С, надалі – зниження до наміченої температури проморожування по 2 °С на годину. Оптимальною для диференціації проростків за морозостійкістю є температура проморожування від -11,5 до -12,5 °С. Після проморожування температуру у камері так само поступово підвищують. Проростки розкладають у лотках на вологому фільтрувальному папері, через 5–6 діб проводять підрахунок тих, що вижили після проморожування. Живі проростки кожного зразка розкладають, скручують у паперові рулони і поміщають в камеру, де проростки проходять яровизацію 50 діб за температурного режиму +1 °С. Навесні проростки у рулонах висаджують у відкритий ґрунт, контролюючи вологозабезпечення поливом.

Проте недоліком вказаного методу є його складність, довготривалість та енергозатратність, оскільки він включає проведення яровизації одержаних проростків. У зв'язку з цим збільшуються трудові витрати та затрати на електроенергію для яровизації.

Запропонований спосіб включає нижче перераховані процеси. З кожного селекційного зразка відбирають по 200 зерен та засипають їх у чашки Петрі на фільтрувальний папір, обприскуючи розчином гіпохлориту натрію з розрахунку 3:1 (після обприскування насіння просяхає 2 год). Потім насіння заливають дистильованою водою та пророщують впродовж 48 год у термостаті за температури +21 °С. Проросле насіння (довжина проростків має бути 3–5 мм) вміщують у спеціальні марлеві мішечки, які складають у скляний ексікатор.

Підготовлений матеріал проморожують у модифікованих камерах ЛВН-200 Г за наступною схемою. Перша фаза загартування за температури +1,3 °С протягом 7 діб, друга фаза загартування – 1 доба за температури -2 °С, 3 доби за температури -4 °С. У подальшому знижують температуру на 2 °С кожну годину до температури, яка розрахована для кожної культури індивідуально. Оптимальною для диференціації проростків за морозостійкістю є температура проморожування: пшениця м'яка – мінус 12,5 °С, пшениця тверда – мінус 11,5 °С, ячмінь – мінус 9,5 °С. Після проморожування температуру у камері так само поступово підвищують на 2 °С кожну годину до +2 °С, після чого матеріал ще 1 добу тримають у вимкненій камері для поступового розморожування. Після цього проростки розкладають у ростильні на вологий фільтрувальний папір, накривають склом (захист від пересихання) і через 7 діб проводять підрахунок життєздатних рослин.

Відібраний селекційний матеріал після оцінювання висаджують у поле в оптимальні строки сівби. Додатково підрахунки рослин проводять після появи сходів та після перезимівлі. Час проморожування селекційного матеріалу – за три тижні до оптимальних строків сівби озимини.

Головні висновки. Таким чином, у результаті дослідження модифіковано та удосконалено

спосіб оцінювання та добору морозостійкого селекційного матеріалу озимих зернових культур. Наведено порівняльну характеристику різних методів в оцінюванні зразків зернових культур на стійкість до низьких температур. Аналіз літературних джерел засвідчив, що для вивчення морозостійкості існує багато методик, заснованих на різних принципах дії, і кожен із них має свої переваги та недоліки. Переважна їх більшість не є нині оптимальними, внаслідок чого актуальним лишається завдання створення нових і вдосконалення вже наявних методів оцінювання озимих зернових культур. Переваги запропонованого

методу над традиційними полягають у економії енергозатрат, можливості працювати з великими вибірками зразків та контролювати умови зовнішнього середовища.

Перспективи використання результатів дослідження. Використання даного методу в селекції озимих зернових культур сприятиме створенню нових сортів, які мають цінні практичні властивості. Удосконалений спосіб надасть можливість повніше реалізувати закладений селекціонерами потенціал продуктивності досліджуваних сортів, що сприятиме їх ефективнішому використанню як у рослинництві, так і в селекційній практиці.

Література

1. Mahalingam R., Pandey P., Senthil-Kumar M. Progress and prospects of concurrent or combined stress studies in plants. *Annual Plant Reviews*. 2021. Vol. 4. P. 813–868
2. Kyrylenko V.V., Kochmarskyi V.S., Humeniuk O.V., Volohdina H.B., Pykalo S.V., Dubovyk N.S., Sabadyn V.Ya., Lobachov V.O. Influence of climatic factors on *Triticum aestivum* L. grains formation in F 1 crossing varieties with 1AL.1RS and 1BL.1RS translocations. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2021. Vol. 11. Iss. 2. P. 99–105.
3. Chaudhry S., Sidhu, G.P.S. Climate change regulated abiotic stress mechanisms in plants: A comprehensive review. *Plant Cell Reports*. 2022. V. 41. Is. 1. P. 1–31.
4. Пикало С.В., Демидов О.А., Юрченко Т.В., Гуменюк О.В., Харченко М.В., Рибка К.М. Розроблення способів оцінки та добору генотипів зернових культур на стійкість до абіотичних стресових чинників. *Екологічні науки*. 2020. № 5(32). С. 175–184.
5. Моргун В.В., Логвиненко В.Ф. Селекція сортів озимої пшениці на високу зимо- та морозостійкість. *Фізіологія рослин в Україні на межі тисячоліть*. Київ: Логос, 2001. Т. 2. С. 204–211.
6. Юрченко Т., Пикало С., Харченко М. Морозостійкість новостворених сортів пшениці м'якої озимої миронівської селекції за різних умов загартування. *Вісник аграрної науки*. 2023. Т. 101. № 11. С. 35–43.
7. Soleimani B., Lehnert H., Babben S., Keilwagen J., Koch M., Arana-Ceballos F.A., Chesnokov Y., Pshenichnikova T., Schondelmaier J., Ordon F. Genome wide association study of frost tolerance in wheat. *Scientific Reports*. 2022. Vol. 12. Iss. 1. 5275.
8. Armoniene R., Liatukas, Z. Brazauskas G. Evaluation of freezing tolerance of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) under controlled conditions and in the field. *Zemdirbyste-Agriculture*. 2013. Vol. 100. P. 417–424.
9. Литвиненко М.А., Лифенко С.П. Вплив строків сівби і сублетальних зимових температур на виживаність та врожайність озимої пшениці. *Вісник аграрної науки*. 2004. № 5. С. 27–31.
10. Пірич А.В. Морозостійкість нових сортів пшениці м'якої озимої миронівської селекції. *Миронівський вісник*. 2018. Вип. 7. С. 85–92.
11. Балабух В.О. Однолеток Л.П., Кривошеїн О. Вплив зміни клімату на продуктивність озимої пшениці в Україні у періоди вегетаційного циклу. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2017. № 3. Вип. 46. С. 72–85.
12. Самець Н.П., Грицевич Ю.С., Ворончак М.В. Оцінка зміни клімату на тривалість періодів вегетації та спокою пшениці озимої. *Стратегія інтеграції аграрної освіти, науки, виробництва: глобальні виклики продовольчої безпеки та змін клімату: доповіді учасників міжнародної науково-практичної конференції Міжнародного форуму (м. Миколаїв, 27–28 травня 2021 р.)*. Миколаїв, 2021. С. 85–88.
13. Кириленко В.В., Гуменюк О.В., Дергачов О.Л., Дубовик Н.С., Близнюк Б.В., Хоменко С.О. Методи підвищення морозо-, зимостійкості пшениці м'якої озимої (*Triticum aestivum* L.) в умовах Лісостепу України. *Фактори експериментальної еволюції організмів*. 2015. Т. 16. С. 120–124.
14. Феоктістов П.О., Блищик Д.В., Нагуляк О.І. Вплив змін погодних умов на формування морозостійкості рослин озимої пшениці в Одеській області. *Насінництво*. 2013. № 6. С. 7–9.
15. Пикало С.В., Демидов О.А., Юрченко Т.В., Рибка К.М., Харченко М.В., Прокопик Н.І. Методи оцінки морозостійкості селекційного матеріалу пшениці. *Екологічні науки*. 2021. № 2(35). С. 82–89.
16. Пикало С.В., Демидов О.А., Юрченко Т.В., Харченко М.В. Особливості погодних умов в Центральному Лісостепу України впродовж 2019 – 2022 років. *Екологічні науки*. 2023. № 3(48). С. 78–85.
17. Методика державного сортопробування сільськогосподарських культур / за ред. В.В. Волкодава. 2000. Київ : АЛЕФА, С. 10–50.
18. Пшениця озима. Метод визначення морозостійкості сортів: ДСТУ 4749:2007. Київ : Держспоживстандарт України, 2008. 8 с.
19. Спосіб оцінювання та добору морозостійкого селекційного матеріалу озимих зернових культур: пат. 153824 Україна: МПК А01Н 1/04. № 202202833; заявл. 08.08.2022; опубл. 06.09.2023, Бюл. № 36. 5 с.
20. Спосіб добору морозостійкого селекційного матеріалу пшениці м'якої озимої: пат. 128674 Україна: МПК А01Н 1/00, А01Н 3/00. № 201711023; заявл. 13.11.2017; опубл. 10.10.2018, Бюл. № 19. 5 с.