

**НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ РОСЛИННИЦТВА ім. В.Я. ЮР'ЄВА**

**ФОРМУВАННЯ ОЗНАКОВИХ БАЗ ДАНИХ ГЕНОФОНДУ
ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ ЗА СТІЙКІСТЮ ДО АБІОТИЧНИХ
СТРЕСОВИХ ЧИННИКІВ ЗИМОВОГО ПЕРІОДУ
(науково-методичні рекомендації)**



Харків 2026

Формування ознакових баз даних генофонду озимої пшениці за стійкістю до абіотичних стресових чинників зимового періоду: науково-методичні рекомендації; підгот.: Рябчун Н.І., Поздняков В.В., Анциферова О.В. / НААН, Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва. Харків, 2026. 16 с.

Рекомендовано до друку вченою радою Інституту рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН (протокол № 4 від 24.04.2026 р.)

Кліматичні та екологічні умови на території України зазнають значних змін, що обумовлює необхідність підвищення рівня адаптивності нових селектованих сортів сільськогосподарських культур, зокрема озимих зернових, до дії абіотичних чинників. У зв'язку з цим актуалізується вдосконалення методичних підходів до оцінювання сортів і селекційного матеріалу за показниками стійкості, зокрема до дії низьких температур на різних етапах онтогенезу. У виданні висвітлено науково-методичні засади визначення морозостійкості озимої пшениці на різних етапах селекційного процесу. Одним із важливих етапів є формування бази даних сортів та ліній як джерел цінного вихідного матеріалу для залучення в створення селекційних комбінацій. Запропоновані підходи до створення баз даних можуть бути використані при формуванні ознакових, робочих і навчальних колекцій та у процесі добору стійких генотипів у селекції озимої пшениці.

Видання адресоване науковим працівникам, викладачам, аспірантам і студентам закладів вищої освіти.

Науково-дослідна робота виконувалась за рахунок бюджетних коштів, спрямованих на забезпечення проведення державними науковими установами наукових досліджень і науково-технічних (експериментальних) розробок за результатами державної атестації.

Рецензенти: **С.І. Попов** – керівник відділу рослинництва та сортовивчення Інституту рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН, доктор с-г наук, професор;

Н.В. Кузьмишина – завідувач лабораторії інтродукції та зберігання генетичних ресурсів рослин Інституту рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН, кандидат с-г наук, ст. науковий співробітник

© Колектив авторів, 2026 р.

© Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН, 2026 р.

ВСТУП

Актуальність створення бази даних сортів озимої пшениці за показниками стійкості до абіотичних чинників зимового періоду зумовлена сучасними тенденціями змін клімату, що характеризуються різкими зниженнями і підвищеннями температури, частими відлигами, нестійким сніговим покривом і дефіцитом вологи. Такі умови істотно ускладнюють перезимівлю рослин і призводять до значних втрат урожаю, що підвищує вимоги до адаптивності сортів для підвищення стабільності сільськогосподарського виробництва.

У цих умовах ефективність селекції озимої пшениці значною мірою залежить від наявності систематизованої, науково обґрунтованої інформації щодо рівня морозостійкості, зимостійкості та інших стресових факторів зимового періоду сортів, ліній та іншого вихідного матеріалу для використання в селекційному процесі. Водночас існуючі дані часто є фрагментарними, отриманими за різними методиками та недостатньо інтегрованими для комплексного аналізу.

Створення єдиної бази даних відкриває нові можливості для селекції озимої пшениці, зокрема щодо виділення джерел і донорів морозостійкості, встановлення закономірностей прояву цієї ознаки в різних генотипах, що дозволить підвищити об'єктивність їхньої характеристики і ефективність добору вихідного матеріалу. Така база стане ефективним інструментом для ідентифікації джерел і донорів цінних ознак, оптимізації добору вихідного матеріалу та підвищення результативності селекційного процесу. Використання бази даних сприятиме оперативному прийняттю рішень у селекції та аграрному виробництві, зокрема при рекомендації поширення сортів у різних регіонах і прогнозуванні їхньої продуктивності в умовах конкретних екологічних зон вирощування.

Таким чином, формування інформаційних баз даних, зокрема за рівнем морозостійкості має не лише теоретичне, але й значне практичне значення, оскільки забезпечує підвищення результативності селекції та є необхідною передумовою створення високопродуктивних, стійких до несприятливих умов зимового періоду сортів озимої пшениці, здатних стабільно реалізовувати потенціал урожайності в нестабільних кліматичних умовах.

Розвиток методів визначання стійкості рослин до абіотичних чинників

Пошкодження озимої пшениці від низьких температур призводить до значних збитків в аграрному виробництві по всьому світу [1, 2]. В останні роки, зі збільшенням числа екстремальних погодних явищ на тлі глобального потепління клімату, частота та інтенсивність шкідливих сільськогосподарських метеочинників мають значну тенденцію до зростання [3, 4]. Стійкість рослин озимих культур обумовлена різноманітними чинниками, в тому числі й генетичними [5], а вивчення особливостей фізіологічних показників допомагає змодельовати вимоги до стійких сортів [6].

Питання вивчення впливу зовнішніх чинників на життєздатність та стійкість рослин озимих культур має важливе значення для процесу їх селекції. Видатні вчені В.Я. Юр'єв [7] та М.І. Вавилов [8] визначали необхідність при створенні сортів визначати їх зимостійкість, морозостійкість, стійкість до різкої зміни температур. В.Я. Юр'єв [7], проаналізувавши існуючі способи визначення зимостійкості сортів, вивчив їхні переваги та недоліки і запропонував метод визначання стійкості сортів шляхом проморожування рослин, висіяних в ящики у вегетаційних будиночках [9,10].

У своїх дослідженнях І.І. Туманов [11] застосовував метод проморожування рослин озимих культур безпосередньо на польових ділянках, за допомогою пересувних морозильних камер, а С.Н. Дроздов та ін. [12] пропонували такий же принцип проморожування для визначення стійкості рослин до заморозків.

Методи визначання морозостійкості сортів, застосовувані В.Я. Юр'євим [13], коли поряд з дослідними полями розташовували насипні ґрунтові вали, або висівали матеріал на схилах, на яких взимку не затримувався сніг, в модифікованому стані використовуються і в теперішній час, при цьому облаштовують бетонні коробки на висоті 80-120 см над поверхнею ґрунту, в яких рослини менш захищені від впливу низьких температур [14, 15]. Паралельно з цим застосовують і окомірну оцінку в польових посівах в роки з найбільш суворими умовами зимівлі [16], однак такі умови для озимих культур складаються нечасто, приблизно в два роки з десяти. Але ці методи були надзвичайно трудомісткими, затратними та низько ефективними. Більшість з них не дозволяла контролювати рівень шкідливої дії чинника на рослини, і нерідко гинули всі випробовувані зразки.

Непрямі методи визначення морозостійкості сортів можна розділити на біофізичні, біохімічні та морфологічні. Застосування біофізичних методів визначення морозостійкості рослин в більшості випадків досить зручне технічно, але не завжди дає достатньо надійні результати. В.Н. Мусич [17] запропонував спосіб оцінювання морозостійкості пшениці озимої, який заснований на кореляційній залежності вільних іонів NH_4^+ , що екстрагуються з пророщених зерен, з морозостійкістю різних генотипів. П.А. Мельник та ін. [18] застосували метод визначення екзоосмосу при заморожуванні тканин листка пшениці, а Б.Н. Тарусов, Я.Е. Доскоч [19] пропонували методи визначення електропровідності тканин, затискаючи частини рослин між електродами до витікання клітинного соку, електропровідність котрого й визначали, однак такий метод призводить до сильного травмування тканин рослин, що призводить до додаткового стресового впливу на рослини.

Свого часу набув поширення метод оцінки морозостійкості сортів за електропровідністю тканин вузлів кущіння (Я.И. Милаев [20], S.O. Fejer [21]). Однак, у зернових культур, вузол кущіння яких складається з кількох шарів листових піхв та зачаткових листків, визначення морозостійкості сортів таким способом може призвести до помилкових висновків, оскільки технічно складно ввести електроди так, щоб вони потрапили в однорідні тканини вузла кущіння, тому цей метод більше підходить для визначення морозостійкості плодкових культур [22] і винограду [23].

Біохімічні методи, які можуть бути застосовані для скринінгу сортів озимих зернових культур за морозостійкістю, тісно пов'язані з особливостями загартування і перебігу зимівлі у сортів різного рівня стійкості. До них віднесено методи визначення стійкості сортів шляхом аналізу вмісту і динаміки витрачання розчинних вуглеводів у вузлах кущіння рослин впродовж зими [24, 25], активності ферментів вуглеводного обміну у тканинах вузлів кущіння у загартованих озимих рослин. Ф.А. Попереля [26], М.М. Копусь [27], Н.И. Ельников [28] запропонували метод визначення морозостійкості сортів за аналізом спектрів гліадінів у поліакриламідному гелі. Е.И. Горелова, Yu.E. Kolupaev виявили залежність рівня морозостійкості та інтегрованих показників вмісту низькомолекулярних протекторних сполук і активності антиоксидантних ферментів [29-31]. Однак ці методи вимагають спеціального обладнання та значних затрат часу.

Відомі українські вчені С.М. Богданов, Є.П. Вотчал, В.В. Колкунов на початку ХХ століття розробили теоретичні засади екологічного напрямку фітофізіології, зокрема вони поглиблено вивчали особливості водного режиму рослин та стійкості до його дефіциту [32, 33].

М.А. Литвиненко [34], у своїх наукових працях наголошує на важливості ведення селекції з урахуванням стійкості до абіотичних чинників середовища, що підвищить шанси для відносної стабільності урожайності сортів у виробництві.

1 Методи визначання стійкості до абіотичних чинників

1.1 Визначання морозостійкості сортів на етапі проростання насіння

Через посушливі умови посівного та передпосівного періоду, а часом й навпаки, затяжні дощі в посівний період, нерідко сорти пшениці озимої входять у період зимівлі у стані проростків або накільченого насіння. В такому стані в них цілком можуть проходити процеси яровизації, але їх морозостійкість, навіть за сприятливих умов загартування не відповідає стійкості сформованих рослин, адже фізіологічні особливості пшениці озимої в ювенільному періоді (у фазу проростків) обумовлені їх типом живлення, коли вуглеводи, а саме моноцукри та дицукри, які забезпечують осмотичний потенціал клітини та запобігають утворенню кристалів льоду в протоплазмі, а також слугують енергетичним потенціалом рослини на ранніх етапах відростання, утворюються не шляхом фотосинтетичної фіксації вуглецю з повітря, а за рахунок ферментативної редукції високополімерних вуглеводів (крохмалю, олігосахаридів) з ендосперму насінини. При цьому процеси загартування проростків обумовлені перебігом як специфічних так і універсальних адаптивних реакцій, зокрема активацією антиоксидантної системи. З іншого боку, в період зимівлі проростки мають перевагу за рахунок глибшого залягання в ґрунті, ніж вузол кушення розкущених рослин. Тому встановлення морозостійкості проростків буде характеристикою сорту як за загальним рівнем стійкості, так і, зокрема на ранніх етапах розвитку, що важливо знати при виборі сорту за умов, що склалися конкретного вегетаційного року.

Визначення стійкості проростків до гіпотермії проводять у лабораторних умовах [35]. Насіння дезінфікують протягом 15 хвилин 1% розчином NaClO, ретельно промивають дистильованою водою та пророщують протягом 3 діб в термостаті за температури 20-22 ° С на фільтрувальному папері, змоченому дистильованою водою, потім проростки поміщають на 6 діб в холодильну камеру (без освітлення) з температурою 2-4°C. Для порівняння використовують 4-денні проростки, що не піддавалися загартуванню, а контролем служать зразки, що не зазнавали впливу низьких температур. Оскільки за низької температури розвиток проростків сповільнюється, 9-

денні загартовані рослини будуть такими ж, як 4-денні контрольні, вирощені за 20-22°C. Після загартування проростки піддають проморожуванню за відсутності світла при -6°C протягом 5 год в низькотемпературній камері (рекомендовано використовувати камеру «Danfoss», Нідерланди), знижуючи температуру зі швидкістю 1°C / год. Після впливу низької температури зразки поступово розморожують, підвищуючи температуру зі швидкістю 1°C/год, та відрощують протягом 3 діб за температури 20-22°C і освітленості 12 клк і оцінюють їх виживання у відсотках до контролю (зразків, які не проморожувались). Виживаність незагартованих проростків, як правило, дуже низька і свідчить про конститутивну стійкість озимих зернових сортів та культур.

1.2 Визначання морозостійкості сортів озимих культур в період зимівлі (фаза кушення) в контрольованих умовах

Визначення стійкості до гіпотермії розкущених рослин селекційних ліній та сортів озимих зернових культур проводять за ДСТУ 4749:2007«Пшениця озима. Метод визначення морозостійкості сортів» (2007), розробленим в Інституті рослинництва імені В.Я. Юр'єва НААН [36].

Суть методу полягає у встановленні критичних температур вимерзання сортів пшениці озимої шляхом проморожування рослин, вирощених у вегетаційних ящиках із ґрунтосумішшю, за температур, при яких гине близько половини всіх рослин у вибірці. Проморожують рослини у низькотемпературних камерах, паралельно у двох режимах, за температур, попередньо визначених на сортах-еталонах з відомою морозостійкістю. Наводимо основні етапи здійснення цього методу.

Готування ґрунтосуміші та заповнення вегетаційних ящиків.
Ґрунтосуміш готують з родючого шару ґрунту (0-30 см) та промитого річкового піску. Ґрунт і пісок просівають крізь дротяне сито зі стороною вічка 1 см, змішують у співвідношенні 3:1 та перемішують до однорідної консистенції.

Веgetаційні ящики ретельно очищують від залишків старої ґрунтосуміші і виставляють на підготовлений веgetаційний майданчик з твердим покриттям. Майданчик повинен мати невеликий ухил (від 1° до 2°) для стоку дощових і талих вод. Ящики наповнюють ґрунтосумішшю на висоту 10 см і злегка ущільнюють за допомогою трамбування. Поверхню ґрунтосуміші розмічають на чарунки (заглибини) за допомогою маркера для сівби відповідно до плану сівби. З одного боку під ящики підкладають дерев'яні кілочки товщиною 1-2 см, щоб вирівняти поверхню ґрунтосуміші в

ящиках до горизонтальної, покращити аерацію та запобігти примерзанню ящиків.

Сівба у вегетаційні ящики. Сівбу проводять у другій половині оптимальних строків. Відібране для сівби насіння викладають за допомогою пінцету в маркерні чарунки. Рядки розміщують паралельно до короткого боку ящика. У кожному ящику розміщують 12 рядків по 18 насінин у рядку. Окремий сорт пшениці озимої займає 3 рядки, кожний рядок є окремою повторністю. Відповідно, в ящику розміщують 3 сорти, що вивчають, а також сорт-еталон з визначеною стійкістю.

Висіяне насіння засипають шаром ґрунтосуміші товщиною 4 см, злегка ущільнюють. Після закінчення сівби досліду ящики поливають. Ящики розміщують на майданчику блоками по чотири штуки. Окремим блоком висівають набір сортів-еталонів з відомим рівнем морозостійкості.

Проведення загартування рослин. Весь період осені і початку зими рослини перебувають на вегетаційному майданчику у природних умовах, де проходять першу та другу фази загартування.

Догляд за рослинами в цей період полягає в систематичному поливі, підживленні складними добривами (нітроамофоска, 1,5 г на 10 кг ґрунтосуміші) та боротьбі зі шкідниками. Інсектициди для боротьби зі шкідниками використовують згідно з переліком пестицидів, дозволених в Україні. У період зимівлі ведуть регулярний контроль температури повітря і ґрунту на глибині вузла кушіння за допомогою термометрів. У разі зниження температури ґрунту до мінус 14 °С для пшениці м'якої озимої та мінус 15 °С для тритикале озимого проводять утеплення ящиків снігом, або, за його відсутності, утеплювальними матами.

Проморожування рослин сортів-класифікаторів. Перед проморожуванням набору сортів визначають рівень критичних температур в умовах конкретного року. З цією метою проморожують блок ящиків з висіяними в них сортами-еталонами(класифікаторами)(табл. 3) за двох або трьох температур. Для сортів-еталонів рекомендовано задавати такі температури: для пшениці м'якої озимої мінус 16 °С, мінус 18°С, мінус 20°С; для пшениці твердої озимої мінус 14°С, мінус 16 °С, мінус 18°С; для тритикале озимого мінус 17°С, мінус 19°С, мінус 21°С. Температури, найбільш наближені до критичних, застосовують при проморожуванні основного складу досліджуваних сортів.

Проморожування рослин досліджуваних ліній, сортів, гібридів. Рослини з двох ящиків з блоку, що містять досліджувані сорти, проморожують у січні, з інших двох – у лютому-березні, кожний раз за двох температур, які визначають як вказано вище. Ящики транспортують з

вегетаційного майданчика та поміщають у низькотемпературні камери, у кожену камеру від 10 до 50 ящиків, залежно від її розмірів. Проморожування починають з температури, яка дорівнює температурі повітря назовні, і знижують її поступово з інтервалом 1°C або 2°C за годину до досягнення заданої температури проморожування. За заданої температури рослини витримують 24 години. Температуру в камері контролюють за допомогою термографів. Якщо температура ззовні вища за мінус 10 °С, тобто рослини не пройшли повне природне загартування, рослини попередньо дозагартовують в цих самих камерах.

Відрощування рослин. Після закінчення проморожування температуру в камері поступово підвищують на 2°C щогодини до 0°C і переносять ящики у приміщення з температурою від +4°C до +7°C, де рослини, прикриті повітропроникним матеріалом, щоб запобігти температурному стресу, мають відтавати протягом доби.

Після розморожування рослини обрізають так, щоб залишились листові пластинки довжиною 0,5 см, поміщають у теплицю з температурою від 18 °С до 24 °С і 12-годинним освітленням люмінесцентними та вольфрамовими лампами з освітленістю не менше ніж 12 тис. люкс (контролюють люксметром). У міру необхідності рослини поливають.

Проведення обліків проморожених рослин. Дата попереднього обліковування настає через 10-12 діб, другого (остаточного) – через 15-16 діб від початку відрощування. Термін остаточного обліковування може бути подовжений, у разі потреби, на 5 діб, або скорочений, якщо результат очевидний відразу. Кожен рядок обліковується як окреме повторення. До живих (життєздатних) відносять тургорні, зелені рослини, які за період відрощування до попереднього обліку дали приріст листків не менше ніж 5 см.

Обліковування живих та загиблих рослин проводять за кожним рядком окремо. Отримані результати обліків виражають у відсотках живих рослин до загальної кількості рослин в кожній повторності (рядку). Температура, за якої відсоток живих рослин до загальної кількості рослин у рядку буде близьким до 50, вважають критичною температурою вимерзання даного сорту.

Отримані результати обліків також виражають у відсотках живих рослин відносно сорту-еталона. Для цього відсоток живих рослин, отриманий для досліджуваного сорту (кінцевий результат випробовування), ділять на відсоток живих рослин, отриманий для сорту-еталона, та множать на 100 %.

Сорти пшениці м'якої озимої з близьким рівнем критичних температур об'єднують у групи, порівнюють їх з критичними температурами сортів-еталонів (рис. 1) з відомим рівнем морозостійкості та присвоюють кожному

сорту відповідну групу стійкості (рис. 2). Результати визначання заносять у робочі журнали установленної форми.



Рис.1 – Сорти-еталони морозостійкості сортів озимої м'якої пшениці (за 9-ти бальною системою)

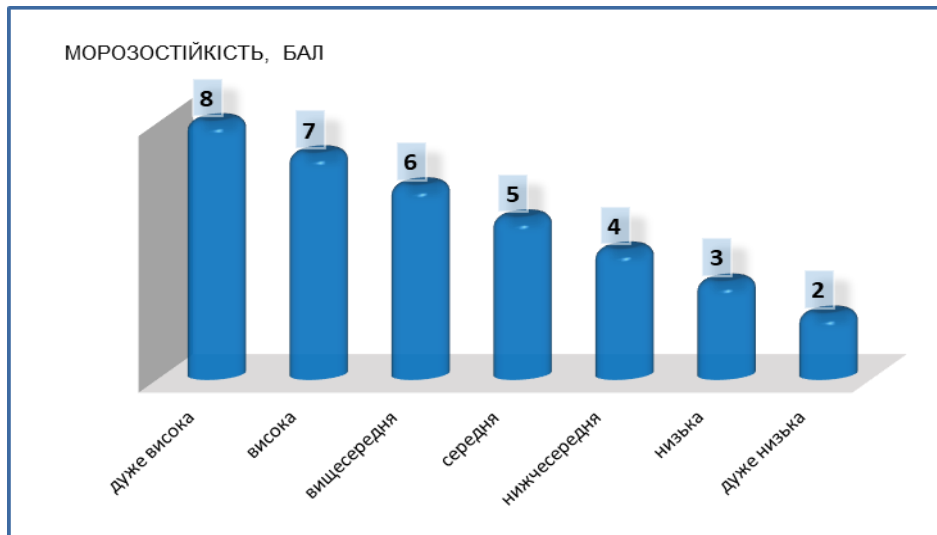


Рис. 2 – Характеристика груп морозостійкості сортів озимої пшениці

Рекомендований метод дозволяє напряму оцінити стійкість сортів до впливу низьких температур та відрізняється точністю і співпадінням з оцінкою в природних умовах при жорстких зимах, наприклад, 2003, 2010 років. Коефіцієнт кореляції між оцінкою сортів пшениці озимої в польових умовах вказаних років та оцінкою рекомендованим методом становить $r = 0,78-0,80$.

2. Формування ознакових баз даних генофонду озимої пшениці за стійкістю до абіотичних чинників

Оскільки однією з ключових ознак, які визначають адаптивність озимої пшениці до несприятливих умов середовища в умовах змін клімату є морозостійкість, ефективна селекція на цю ознаку неможлива без детального аналізу генетичного різноманіття сортів і формування ознакових баз даних її генофонду. Через те, що морозостійкість безпосередньо впливає на стабільність урожайності в різних умовах середовища, такі дослідження є невід'ємною частиною роботи з генетичними ресурсами рослин для залучення у селекційний процес зі створення високоадаптованих сортів в умовах змін клімату. Дослідження Bani, I., et al. [37], Vaitkeviciute G., et al. [38], Michel S., et al. [39] свідчать про те, що різні сорти пшениці суттєво відрізняються за набором алелей, пов'язаних з формуванням складових зимостійкості та виживанням рослин у польових умовах. Це підкреслює необхідність ретельного підбору генотипів для формування баз даних, оскільки неповна вибірка може призвести до втрати важливих носіїв потрібних генів.

З огляду на глобальні кліматичні зміни, питання адаптації культур набуває ще більшої актуальності. Роботи [40], [41] підкреслюють необхідність інтеграції різноманітних джерел генетичних ресурсів для підвищення стійкості культур. Отже, формування якісних баз даних, що ґрунтуються на правильно підбраному наборі сортів, який включає широкий спектр зразків з різним генетичним походженням, є надзвичайно важливим для прогнозування реакцій рослин та оптимізації селекційних програм [42]. Таким чином, підбір сортів є фундаментальним етапом формування баз даних морозостійкості пшениці. Він визначає повноту охоплення генетичного різноманіття, точність статистичних моделей та ефективність подальшого використання цих даних у селекції.

Основні бази даних зразків генофонду за адаптивністю до шкідливих абіотичних чинників зимового періоду формуються за показниками польових обліків перезимівлі, особливо в роки з критичними метеорологічними

умовами зимового періоду, визначенням морозостійкості за проморожування сортів у контрольованих умовах з чітко визначеною схемою перебігу температур, враховуючи при цьому критичні температури вимерзання, оцінку морозостійкості в балах та групу морозостійкості, яка встановлюється за їх порівнянням з сортами-еталонами стійкості.

Залучення кращих джерел стійкості до селекційного процесу формує вибірку ліній, з яких добираються зразки з високим рівнем адаптивності до стресових абіотичних впливів, а на наступних етапах селекції – стійких до шкідливих біотичних чинників, з високою продуктивністю рослин та врожайністю і якістю зерна.

У лабораторії фізіології та біохімії рослин Інституту рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН створена та передана до Національного центру генетичних ресурсів рослин України база даних генофонду озимої пшениці за стійкістю до зимових абіотичних стресових чинників для залучення у селекційний процес зі створення високоадаптованих сортів в умовах змін клімату (довідка № 2-14-26 від 24.04.2026 р).

До неї включено інформацію про джерела високої морозо- та зимостійкості, а також наведено дані про зразки різних рівнів адаптивності озимої пшениці до абіотичних стресових чинників зимового періоду. База даних містить 48 зразків виду *Triticum aestivum* L., які походять з п'яти країн: UKR(40 зразків), HUN (4 зразки), BGR (1 зразок), CAN(1 зразок), USA (1 зразок), MOL (1 зразок), представлені 46 сортами та двома лініями. Кількість ознак 5, кількість градацій 30. Ознаки, за якими створена база даних: морозостійкість: критична температура вимерзання (°C), рівень морозостійкості (бал), група морозостійкості; зимостійкість: кількість живих пагонів (%), інтенсивність відростання (бал). Кількість зразків за групами морозостійкості: дуже висока – 2, висока – 17, вищесередня – 17, середня – 6, нижчесередня – 4, низька – 2. Зразки з дуже високим, високим та вищесереднім рівнями стійкості слугують джерелами адаптивності до зимових абіотичних стресових чинників, що забезпечує збагачення генофонду стійкими сортами і лініями та є цінним вихідним матеріалом для залучення у селекційний процес зі створення високоадаптованих сортів озимої пшениці в умовах змін клімату.

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

1. Chen C. et al. Dynamic evaluation of freezing resistance. *Scientific Reports*. – 2025. – DOI: 10.1038/s41598-025-93019-z
2. Hao, Z. X. et al. Impacts of climate change on Agrometeorological indices at winter wheat overwintering stage in Northern China during 2021–2050. *Int. J. Climatol*. 2018. 38(15), 5576–5588.
3. Easterling, D. R. et al. Climate extremes: observations, modeling, and impacts. *Science*. 289(5487). 2019. 2068–2074.
4. Frame, D. J. et al. Climate change attribution and the economic costs of extreme weather events: a study on damages from extreme rainfall and drought. *Clim. Change*. 2020. 162(2), 781–797 ()
5. Sutka, J. Genes for freezing resistance in wheat. *Euphytica*. 2001ю119(1), 169–177.
6. Bergjord, A. K., Bonesmo, H. & Skjelv, G. A. O. Modelling the course of freezing tolerance in winter wheat: I. Model development. *Eur. J. Agron*. 2008. 28(3), 321–330. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2007.10.002>
7. Юрьев В.Я. Методика селекции пшеницы на Харьковской станции. 1930. 89 с.
8. Вавилов Н.И. Генетика и сельское хозяйство, 1968. 61 с.
9. Юр'єв В. Я. Про селекцію, сорти і насінництво . Доповідь на сесії АН УРСР (8.IV.1947 р.). С. 22-26.
10. Юрьев В.Я. Метод оценки сортов на зимостойкость. Селекция и семеноводство. 1935. № 5. С. 21- 28.
11. Туманов И.И. Физиологические основы зимостойкости культурных растений. 1940. 110 с.
12. Дроздов С.Н., Курец В.К., Будыкина Н.П., Балагурова Н.И. Определение устойчивости растений к заморозкам. Методы оценки устойчивости растений к неблагоприятным условиям среды. 1976. С. 222 – 228.
13. Юрьев В.Я., Дидусь В.И., Голуб М.А. Методы и результаты селекционно-семеноводческой работы с озимой пшеницей. Вопросы селекции и семеноводства : труды Укр. НИИРСиГ. Х., 1959. Т. 3. С. 7-21.
14. Кір'ян В.М. Розробка методики оцінки зимостійкості озимої пшениці. Наукові розробки і реалізація потенціалу сільськогосподарських культур. Зб. наук. праць. 1999. С. 122-125.
15. Рыбакова М.И. Метод оценки морозостойкости озимых на стеллажах. Методы оценки устойчивости растений к неблагоприятным условиям среды. 1976. С. 122-127.
16. Кір'ян В.М. Оцінка генофонду пшениці озимої на зимостійкість в екстремальних умовах перезимівлі . *Вісник Полтавської ДАА*. 2009. № 2. С. 26-30.

17. А. с. 2025941. Способ оцінки морозостійкості озимої пшениці / В.Н. Мусич, Б.М Корнеллі / Бюлл. Рефер журн. *Изобретения*. 1995. № 1. С. 102.
18. Мельник П.А., Мойса М.І., Передерко Н.І. Метод визначення екзоосмосу в листках проростків озимої пшениці при заморожуванні. *Вісник аграрної науки*. 2009. № 7. С. 25-27.
19. Тарусов Б.Н., Китлаев Б.Н., Доскоч Я.Е. Биофизические методы диагностики устойчивости растений и перспективы их применения в селекции. Методы оценки устойчивости растений к неблагоприятным условиям среды. 1976. С. 191 – 204.
20. Милаев Я.И., Ломанов Б.К., Владимиров М.Л. , Болотова Н.Н. Коррелятивная зависимость между морозостойкостью озимой пшеницы и электропроводностью тканей узлов кущения. *Селекция и семеноводство*. 1973. В. 25. С. 76 – 83.
21. Fejer S.O. Hardiness of North Amerikan Barley and Other Cereals as Measured by Electrical Impedance at the Coleoptile Stage . *Zeitschrift fur Pflanzenzuchtung*. 1978. Vol. 80. № 2. P. 162 -165.
22. Wilner J. Relative and absolute electrolytic conductance test for frost hardiness of apple varieties . *Canad. J. Plant Sci.* 1964. Vol. 44. № 7. P. 312-322.
23. Рябчун О.П., Исаенко В.О., Осадчий И.Я. Диагностика морозостойкости винограда по импедансу тканей лозы. Методы оценки устойчивости растений к неблагоприятным условиям среды. 1976. С. 184 – 190.
24. Ковтун И.И., Гойса Н.И., Гаценко Р.В. Зимостійкість озимої пшениці залежно від сорту. 1976. Ч. 2. С. 25 -28.
25. Проценко Д.Ф., Власюк П.А., Колоша О.И. Зимостойкость зерновых культур. 1969. 383 с.
26. Попереля Ф.А. Полиморфизм глиаина и его связь с качеством зерна, продуктивностью и адаптивными свойствами сортов мягкой пшеницы. Селекция, семеноводство и интенс. технол. воздел. озимой пшеницы. 1989. С. 138-150.
27. Копусь М.М., Копусь Л.М., Ковтун В.И. Глиадиновые маркеры и морозостойкость озимой мягкой пшеницы. Проблемы селекции зерновых культур на устойчивость к болезням и неблагоприятным условиям среды. 1990. С. 34-37.
28. Ельников Н.И. Пархоменко Р.Г., Норик И.М. Селекция современных сортов озимой пшеницы на зимостойкость. Повышение зимостойкости озимых зерновых. 1993. С. 147-152.
29. Горелова Е.И., Рябчун Н.И., Шкляревский М.І., Резнік А.М., Колупаев Ю.Е. Морозостійкість злаків корелює з інтегрованими показниками вмісту низькомолекулярних протекторних сполук і активності антиоксидантних ферментів. *Вісник Харківського національного аграрного університету. Серія біологія*. 2020. В. 3 (51). С.1-16

30. Горелова Е. И., Шкляревский М. А., Рябчун Н. И., Кабашникова Л. Ф., Колупаев Ю. Е. Комбинированное влияние салициловой кислоты и донора оксида азота на развитие индуцированной закаливанием морозоустойчивости проростков пшеницы. *Вісник Харківського національного аграрного університету. Серія біологія*. 2020. В.2 (50). С. 93-104
31. Kolupaev Yu.E., Ryabchun N.I., Vayner A.A., Yastreb T.O., Oboznyi A.I. 2015. Antioxidant enzyme activity and osmolyte content in winter cereal seedlings under hardening and cryostress. *J. Plant Physiol.* 62(4) : 499-506.
32. Христова Т.Є. Формування екологічного напрямку фітофізіології в Україні. *Екологія та ноосферологія*. 2008.Т.19. № 1-2. С. 154-158
33. Моргун В.В., Мусіяка В.К., Яворська В.К. Історія розвитку фізіології рослин в Україні. *Фізіологія рослин в Україні на межі тисячоліть*. 2002.Т. 1. С. 6-19.
34. Литвиненко М.А. Створення сортів пшениці м'якої озимої (*Triticum aestivum* L.), адаптованих до змін клімату на півдні України. *Збірник наукових праць СГІ-НЦНС*. 2016. Вип. 27 (67). С. 36-53.
35. Yastreb, T.O., Kolupaev, Y.E., Kokorev, A.I., Makaova, B.E., Ryabchun, N.I., Zmiiivska, O.A., & Pospielova, G.D. Indices of antioxidant and osmoprotective systems in seedlings of winter wheat cultivars with different frost resistance. *Ukrainian Biochemical Journal*. 2023. 95(1): 73–84. <https://doi.org/10.15407/ubj95.01.073>
36. ДСТУ 4749:2007 «Пшениця озима. Метод визначення морозостійкості сортів». 2007.
37. Bani, I., et al. Genome-wide association study for freezing tolerance in cereals. *International Journal of Molecular Sciences*. 2026. 27(6). <https://doi.org/10.3390/ijms27062759>
38. Vaitkeviciute G. et al. Genome-Wide Association Analysis of Freezing Tolerance and Winter Hardiness in Winter Wheat of Nordic Origin *.Plants*. 2023. 12 (23).4014; <https://doi.org/10.3390/plants12234014>
39. Michel S., Löschenberger F, Hellinger J, Strasser V, Ametz C, Pachler B, Sparry E and Bürstmayr H. Improving and Maintaining Winter Hardiness and Frost Tolerance in Bread Wheat by Genomic Selection. *Front. Plant Sci.*2019. 10:1195. doi: 10.3389/fpls.2019.01195
40. Suchowilska, E., Wiwart, M., Krska, R., & Kandler, W. Do *Triticum aestivum* L. and *Triticum spelta* L. Hybrids constitute a promising source material for quality breeding of new wheat varieties? *Agronomy*. 2020. 10(1). Article number 43. doi: 10.3390/agronomy10010043.

41 Moskalets, V., Kotsyuba, S., Novak, Zn., Kryzhanivskiy, V., & Yaremenko, O. Creation of source material by attracting different varieties of common winter wheat in breeding for adaptability, productivity, and grain quality. *Scientific Horizons*. 2023. 26(7), 66-78. doi: 10.48077/scihor7.2023.66

42. Yarosh A.V., Riabchun N.I., Riabchun V.K., Kuzmyshyna N.V., Solonechna O.V. The impact of low-temperature tolerance on the environmental plasticity parameters of winter bread wheat in the context of climate change. *Problems of Cryobiology and Cryomedicine*. 2025. 35 (3). P. 138-148. <https://doi.org/10.15407/cryo35.03.138>

**ФОРМУВАННЯ ОЗНАКОВИХ БАЗ ДАНИХ ГЕНОФОНДУ
ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ ЗА СТІЙКІСТЮ ДО АБІОТИЧНИХ
СТРЕСОВИХ ЧИННИКІВ ЗИМОВОГО ПЕРІОДУ**
(науково-методичні рекомендації)

Укладачі:

доктор с.-г. наук Рябчун Н.І.,
канд. біол. наук Поздняков В.В.,
наук. співробітник Анциферова О.В.

Наукове видання друкується за рішенням
Вченої ради Інституту рослинництва імені В.Я. Юр'єва НААН
(протокол № 4 від 24 квітня 2026 р.)

Відповідальний за впорядкування – Рябчун Н.І.
Комп'ютерна верстка – Наумов О.Г.

Інститут рослинництва імені В.Я. Юр'єва НААН
61060, м. Харків, пр. Героїв Харкова, 142