

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

**СИСТЕМА МЕТОДІВ КОМПЛЕКСНОЇ ОЦІНКИ  
СТІЙКОСТІ СОРТІВ ОЗИМИХ КУЛЬТУР  
ДО АБІОТИЧНИХ ЧИННИКІВ  
(науково-методичні рекомендації)**



Харків  
2023

**Національна академія аграрних наук України  
Інститут рослинництва імені В.Я. Юр'єва НААН**

**Система методів комплексної оцінки стійкості сортів озимих культур  
до абіотичних чинників: науково-методичні рекомендації**

Розробники:

Рябчун Н.І., доктор с.-г. наук, ст. наук. співробітник,

Змієвська О.А., канд. с.-г. наук,

Салій А.М., мол. наук. співробітник,

Поздняков В.В., канд. біол. наук, ст. наук. співробітник,

Анциферова О.В., наук. співробітник, Харченко М.Ю., бакалавр

Зміни у екології та кліматі на території України пред'являють виклики до нових сортів сільськогосподарських культур, зокрема до озимих зернових, щодо рівня їх адаптованості до шкідливих абіотичних чинників. Для достовірної оцінки сортів, селекційного матеріалу за параметрами стійкості до гіпотермії, гіпертермії та зневоднення рослин на різних етапах онтогенезу удосконалено методики з врахуванням фізіологічних, біохімічних, морфологічних особливостей сортів та селекційних ліній.

Наукове видання присвячене актуальним питанням встановлення морозостійкості, посухостійкості та жаростійкості пшениці озимої, які можуть бути застосованими при створенні ознакових, робочих та навчальних колекцій та слугувати основою для добору стійких зразків у селекції пшениці озимої.

Наведена авторами інформація має практичну цінність, оскільки дає методологічний підхід для обґрунтованої характеристики морозо-, посухо- та жаростійкості сортів озимих зернових культур. Видання рекомендовано науковцям, викладачам, аспірантам, студентам вищих навчальних закладів.

**РЕЦЕНЗЕНТИ:**

**Горбачова С.М.**, канд. с-г наук, ст. науковий співробітник;

**Усова З.В.**, канд. с-г наук, ст. науковий співробітник

Наукове видання друкується за рішенням Вченої ради Інституту рослинництва імені В.Я. Юр'єва НААН (протокол № 9 від 24 жовтня 2023 р.)

61060, Харків  
проспект Героїв Харкова, 142  
Інститут рослинництва  
імені В.Я. Юр'єва

©Інститут рослинництва  
імені В.Я. Юр'єва НААН

## ВСТУП

Стійкість сортів сільськогосподарських культур до впливу шкідливих абіотичних чинників довкілля впродовж їх онтогенезу набуває все більшого значення через стрімкі зміни в кліматі останніх десятиліть як у глобальному сенсі, так і, зокрема, для аграрного виробництва України. У селекційному процесі та виробничій практиці аграрних підприємств однією з найважливіших характеристик створення та впровадження нових сортів пшениці озимої є їх адаптованість до шкідливих абіотичних факторів, що є основою для реалізації генетично обумовленого рівня врожайності, його стабільності та формування високої якості зерна. Впровадження сортів з такими властивостями в агровиробництво за умов дотримання вимог технологій вирощування гарантує стабільність виробництва якісного зерна та високі прибутки господарствам. Тому важливо встановити, які фізіологічні особливості генотипів обумовлюють здатність витримувати вплив несприятливих абіотичних чинників; оптимізувати методологічні підходи та розробити нові методи оцінки стійкості сортів до зневоднення, гіпотермії, гіпертермії для виявлення джерел стійкості озимих культур, зокрема пшениці м'якої озимої, і особливості формування ознакових колекцій за цими ознаками.

За результатами попередніх розробок авторів виявлено джерела та сорти-еталони окремих рівнів морозостійкості, розроблено методику формування ознакових колекцій озимих культур за морозостійкістю, створено та зареєстровано в НЦГРРУ ознакові колекції зразків пшениці м'якої, жита, тритикале та ячменю озимих за морозостійкістю, врожайністю та іншими цінними господарськими ознаками. Розширення характеристики сортів пшениці за рахунок виявлення параметрів їх стійкості до гіпертермії та зневоднення дозволить впровадити цінні джерела та вихідний матеріал в селекційний процес і забезпечити аграрне виробництво рекомендаціями щодо адаптивності нових сортів озимих зернових культур. Для отримання різнобічної характеристики сортів за цими показниками важливо використання методів, що забезпечують надійну оцінку стійкості сортів в динаміці впродовж онтогенезу та максимальну стійкість, яку вони можуть проявити за сприятливих умов загартування.

## **ОГЛЯД МЕТОДІВ ВИЗНАЧАННЯ СТІЙКОСТІ РОСЛИН ДО АБІОТИЧНИХ ЧИННИКІВ**

Вивчення проблем впливу зовнішніх умов існування на процеси життєдіяльності, стійкості рослин до несприятливих чинників довкілля, яке на сьогодні сформувалось у науковий напрям екологічної фітофізіології, розпочалось ще на межі XIX-XX століть. Н.И. Вавилов [1, 2] у «сортівому ідеалі пшениці» окремими пунктами визначив зимостійкість, морозостійкість, стійкість до різкої зміни температур. В.Я. Юр'єв [3], 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 [4, 5]. Л.А. Бурденюк-Тарасевич, А.А. Горлач використовували для оцінки зимостійкості сортів як штучне безсніжжя, так і варіанти з високим сніговим покривом, ранні, оптимальні і дуже пізні строки сівби [6], сівбу в ящиках на стелажах [7] та ін.

Методи визначання морозостійкості сортів, застосовувані В.Я. Юр'євим [8], 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 короби на висоті 80-120 см над поверхнею ґрунту, в яких рослини менш захищені від впливу низьких температур [9, 10]. Паралельно з цим застосовують і окомірну оцінку в польових посівах в роки з найбільш суворими умовами зимівлі [11], однак такі умови для озимих складаються приблизно в два роки з десяти. В своїх дослідженнях И.М. Васильєва застосовувала показник вмісту моно- та дицукрів в рослинах [12]. И.И. Туманов [13] – метод проморожування рослин озимих культур безпосередньо на польових ділянках, за допомогою пересувних морозильних камер, а С.Н. Дроздов та ін. [14] цей же принцип проморожування пропонував для визначення стійкості рослин до заморозків. 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 визначання морозостійкості рослин в більшості випадків досить зручне технічно, але не завжди дає достатньо надійні результати. В.Н. Мусич [15] запропонував спосіб оцінювання морозостійкості пшениці озимої, який

заснований на кореляційній залежності вільних іонів  $\text{NH}_4^+$ , що екстрагуються з пророщених зерен, з морозостійкістю різних генотипів. П.А. Мельник та ін. [16] застосували метод визначення екзоосмосу при заморожуванні тканин листка пшениці, а Б.Н. Тарусов, Я.Е. Доскоч [17] 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, а тому важко відділити артефакт від впливу природного чинника на рослину.

Свого часу набув поширення метод оцінки морозостійкості сортів за електропровідністю тканин вузлів кушіння (Я.И. Милаев [18], С.О. Fejer [19]). Однак, у зернових культур, вузол кушення яких складається з кількох шарів листових піхв та зачаткових листків, визначання морозостійкості сортів таким способом може призвести до помилкових висновків, оскільки технічно складно ввести електроди так, щоб вони потрапили в однорідні тканини вузла кушіння, тому цей метод більше підходить для визначення морозостійкості плодкових культур [20] і виноградної лози [21].

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 кушіння рослин впродовж зими [22, 23], активності ферментів вуглеводного обміну у тканинах вузлів кушіння у загартованих озимих рослин. Ф.А. Попереля [24], М.М. Копусь [25], Н.И. Ельников [26] запропонували метод визначання морозостійкості сортів за аналізом спектрів гліадінів у поліакриламідному гелі. Е.И. Горелова, Ю.Е. Колупаев виявили залежність рівня морозостійкості та інтегрованих показників вмісту низькомолекулярних протекторних сполук і активності антиоксидантних ферментів [27-29]. 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 [30, 31].

М.А. Литвиненко [32], J.L. Hatfield [33] у своїх наукових працях наголошують на важливості ведення селекції з урахуванням стійкості до посилення посух у передпосівний період та дефіциту ґрунтової вологи, що

підвищить шанси для відносної стабільності урожайності сортів у виробництві. Рівень посухостійкості рослин або стійкість до дефіциту вологи визначаються за такими фізіологічними показниками як стійкість до осмотичного тиску, водоутримуюча та водопоглинальна здатність тканин. Водоутримуюча здатність рослинних тканин обумовлюється в основному вмістом у клітинах осмотично активних речовин і здатністю колоїдів до гідратації [34]. Відносна активність води суттєво знижується також завдяки розвитку морфоструктурних особливостей будови покривних тканин, кутикули, що забезпечує ксероморфність структури у посухостійких видів і, відповідно, знижує швидкість водовіддачі рослинними тканинами. На думку вчених[35] водоутримуюча здатність обумовлює потенційну посухостійкість рослин.

## **1 Комплекс методів визначання стійкості до абіотичних чинників у ювенільному періоді**

### **1.1 Визначання стійкості до гіпотермії (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 накілченого 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 кущення 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. Насіння 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). Вживаність незагартованих проростків, як правило, дуже низька і свідчить про конститутивну стійкість озимих зернових сортів та культур.

При цьому встановлено, що між морозостійкістю загартованих проростків і розкущених рослин озимих злаків існує тісна кореляція ( $r = 0,864$ ) (табл. 1).

## 1.2 Визначення стійкості до водного дефіциту в ювенільному періоді

Питання посухостійкості сільськогосподарських культур в Україні через розширення степової зони на території держави та зміни кліматичних умов стає дедалі актуальнішим [36]. Присутність ґрунтових та повітряних посух у посівний період озимих культур, зокрема пшениці м'якої озимої, підвищує потребу сільгоспвиробників у сортах, стійких до водного дефіциту у ґрунті та високих температур повітря на початку розвитку рослин [37], а селекціонерів спонукає шукати нові джерела посухостійкості для створення таких сортів. Для селекції адаптованих до посухи сортів озимих культур ключове значення має підбір генотипів, здатних витримувати нестачу води у ґрунті та засвоювати її за підвищеного осмотичного тиску. Вплив

екстремальних факторів на рослини зернових культур в ювенільний період, і зокрема дефіциту вологи, істотно знижує інтенсивність ростових процесів як надземної частини, так і коренів проростків. Оскільки виживання рослин в умовах водного дефіциту залежить від захисних механізмів, закріплених генетично, важливою є детектування стійких генотипів в процесі селекції та нових сортів в передреєстраційний період.

Таблиця 1 – Стійкість до гіпотермії озимих зернових культур на різних етапах розвитку

Культура, сорт	Вживаність проростків після 5 год проморожування за $T=-6^{\circ}\text{C}$ (A)	Вживаність рослин у фазі кущіння, проморожування за $T=-20^{\circ}\text{C}$ (B)
Жито озиме Пам'ять Худоєрка	$60,5 \pm 2,2$	$81,3 \pm 0,6$
Тритикале озиме Букет	$54,3 \pm 3,3$	$68,1 \pm 0,5$
Тритикале озиме Раритет	$53,2 \pm 2,6$	$73,5 \pm 0,5$
Тритикале дворучка Підзимок харківський	$34,8 \pm 2,2$	$35,6 \pm 0,4$
Пшениця озима Досконала	$49,2 \pm 2,8$	$39,4 \pm 0,5$
<i>r<sub>AB</sub></i>		<i>0,864</i>

Визначення рівня посухостійкості в ювенільний період проводять у лабораторних умовах на розчинах з високим негативним осмотичним тиском, створюючи штучні умови фізіологічної посухи, оскільки стійкість сортів до дефіциту вологи саме на ранніх етапах онтогенезу, в стані проростків часто визначає весь подальший розвиток рослин та формування життєздатного агроценозу. Оптимальним є проведення досліджень на осмотичних розчинах ПЕГ6000 (поліетиленгліколь з молекулярною масою  $M_r \geq 6000$ ) [38]. Завдяки нетоксичності, хімічній інертності ця речовина використовується для визначення посухостійкості на різних культурах [39].

Для визначення рівня стійкості до водного дефіциту

використовують розчини двох концентрацій – 14% та 16%, що відповідає осмотичному тиску -2,89 Bar та -3,62 Bar.

Насіння зі схожістю не менше 80% промивають дистильованою водою в скляному посуді, заливають на 15 хв 2% розчином гіпохлориту натрію, після чого 8–10 разів промивають дистильованою водою, в останній порції дистильованої води витримують протягом 30 хвилин. Знезаражене насіння розкладають в стерильні чашки Петрі по 100 зернівок на чашку, додають в дослідних варіантах по 5 мл розчину ПЕГ 6000, а в контрольному варіанті – по 5 мл дистильованої води. Насіння пророщують в термостаті без освітлення за температури 22°C протягом 4 діб.

Прояв стійкості рослин до водного дефіциту у ювенільний період досліджують за наступними параметрами: кількість пророслого насіння з довжиною проростка >5мм, довжина проростків, маса сирих проростків, маса сухих проростків, маса сирих коренів, маса сухих коренів, відношення маси сирих коренів до маси сирих проростків, відношення маси сухих коренів до маси сухих проростків. Вираховують відсоток пророслого насіння відносно контролю (пророщування на воді) та групують сорти за рівнем посухостійкості на ранніх етапах онтогенезу (таблиця 2). Попередньо проводять дослід з сортами-еталонами, які представляють різні групи посухостійкості сортів.

Важливими характеристиками стійкості та регенераційної здатності сортів є вище вказані показники: довжина проростків, маса сирих проростків, маса сухих проростків, маса сирих коренів, маса сухих коренів, відношення маси сирих коренів до маси сирих проростків, відношення маси сухих коренів до маси сухих проростків. Для цього через добу визначають вказані параметри проростків та вираховують їх співвідношення.

Інгібування схожості насіння в розчині ПЕГ 6000 (D) визначають за формулою:

$$D = X/Y * 100, \text{ де}$$

X – кількість насіння, яке проросло в розчині ПЕГ 6000,

Y – кількість насіння, яке проросло на контрольному варіанті.

У дослідженнях, проведених авторами на зразках пшениці озимої з колекції НЦГРРУ, встановлено, що насіння, пророщене в розчині ПЕГ, відрізнялось зниженими значеннями показників майже у всіх сортів, а також виявлено відмінності прояву ознак між сортами. Так, кількість пророслого насіння в умовах водного дефіциту становила 31,5-78,6 % від контролю. Найменшою кількістю пророслих насінин характеризувалися сорти MV Karlar (14,5 шт.), Досконалість одеська (10,5 шт.), Fajuga (17,0 шт.), що від

контролю складало 31,5 %, 35,0 % та 38,6 % відповідно. Серед всіх зразків з високою кількістю пророслих насінин на рівні стандарту Подолянка (35,0 шт.) виділено сорти Землероб (35,0 шт.) та Nordcar (36,5 шт.).

Таблиця 2 – Групування сортів за рівнем посухостійкості (стійкості до водного дефіциту)

Ступінь прояву ознаки	Кількість пророслих насінин відносно контролю, %	Бал
Непосухостійкі	0–20	1
Слабкопосухостійкі	21–40	3
Середньопосухостійкі	41–60	5
Посухостійкість вище за середню	61–80	7
Високопосухостійкі	81–100	9

Відмічено суттєве зниження довжини проростка в умовах зневоднення у всіх досліджуваних зразків на 42,9-80,0 % від контролю. Але незважаючи на те, що частина сортів в порівнянні з сортом-стандартом мали низьку кількість пророслих насінин, при цьому вони переважали стандарт за довжиною проростка. Наприклад, стандарт Подолянка за кількості пророслих насінин 35,0 шт. мав середню довжину проростка 12,0 мм, сорти Досконалість одеська, Спадщина одеська, Перевага, Ювілейна Патона та Palmus з кількістю пророслих насінин 10,5 – 24,5 шт. за довжиною проростка переважали сорт Подолянка на 34,3-76,3 %, що складало 16,0 – 21,0 мм.

Встановлено суттєве зниження маси сирих проростків в умовах дефіциту вологи порівняно з контролем на 60,1-94,9% у всіх сортів, в той час як зниження маси сирих коренів відмічено тільки у частини сортів на 38,5-81,9 %. В порівнянні зі стандартом Подолянка, маса сирих проростків та коренів якої складала 0,3 г та 0,65 г відповідно, виявлено сорт Землероб з високою масою сирих проростків на рівні стандарту (0,32 г). Сорт Досконалість одеська за цією ознакою (0,46 г) переважав стандарт на 50%. Сорт Achim мав масу сирих проростків і коренів на рівні стандарту, 0,34 г і 0,65 г відповідно, а сорт Mescal переважав стандарт за обома показниками на 70,7 % і 44,2 % відповідно, що складало 0,52 г і 0,94 г.

В умовах водного дефіциту встановлено зниження маси сухих проростків в порівнянні з контролем на 55,3-94,1 % у всіх зразків та

зниження маси сухих коренів на 19,0-68,4 % у більшості зразків. Сорти Nordcap (0,112 г) та Mescal (0,093 г) за масою сухих коренів знаходилися на рівні контролю. Виділено сорти Землероб (0,067 г), Mescal (0,056 г) та Nordcap (0,055 г) з високими значеннями маси сухих проростків на рівні стандарту (0,059 г). З високими значеннями маси сухих коренів на рівні стандарту Подолянка (0,091 г) виділено сорти Ювілейна Патона (0,095 г), Землероб (0,091 г), Mescal (0,093 г) та вище за стандарт на 23,5 % – сорт Nordcap (0,112 г).

Відповідно до змін умов зволоження змінювалося відношення маси сирих коренів до маси сирих проростків та відношення маси сухих коренів до маси сухих проростків. За умов дефіциту вологи спостерігали зростання відношення маси сирих коренів до маси сирих проростків (з 0,45-1,38 до 1,02-3,29) у 1,7- 5,8 рази практично у всіх сортів, окрім сорту Досконалість одеська (1,02), у якого відмічено зменшення показника на 30% в порівнянні з умовами достатнього зволоження (1,38). В порівнянні до стандарту в умовах достатнього зволоження відмічено сорти Досконалість одеська (1,38), Fajura (1,02), Armura (1,16), Natula (0,93), MV Kaplar (0,93), Nordcap (0,70), Achim (0,90), Palmus (0,81), Mescal (0,92), які переважали стандарт Подолянка (0,45) більше ніж в 2 рази за відношенням маси сирих коренів до маси сирих проростків. В умовах водного дефіциту за відношенням маси сирих коренів до маси сирих проростків сорт Подолянку (2,0) переважала менша кількість сортів - Ювілейна Патона (2,37) на 18,5 %, Fajura (3,15) на 57,5 %, Natula (2,20) на 9,8 %, MV Kaplar (3,29) на 64,7 %, Nordcap (2,36) на 17,9 %.

Відношення маси сухих коренів до маси сухих проростків за умов зневоднення (1,35-2,62) зростало у 1,7-5,1 разів в порівнянні з умовами достатнього зволоження (0,62-1,02) у всіх сортів. Сорт Ювілейна Патона за умов достатнього зволоження за цією ознакою (1,02) переважав стандарт (0,89) на 13,8%, а сорти Перевага (0,90) і Armura (0,89) знаходилися на рівні стандарту. За умов дефіциту вологи стандарт (1,76) переважали сорти Ювілейна Патона (2,17) на 23,4 %, Fajura (2,06) на 16,9 %, MV Kaplar (2,62) 48,5 %, Nordcap (2,06) на 16,7 %, Achim (3,76) на 113,8 %. Сорт Спадщина одеська (1,79) був на рівні стандарту.

Таким чином, встановлено, що сорти українського походження Ювілейна Патона, Землероб та сорт з Німеччини Nordcap поєднували високі показники більшості ознак, які обумовлюють стійкість проростків до водного дефіциту. Сорт Ювілейна Патона вирізнявся за довжиною проростків, масою сухих коренів, відношенням маси сирих коренів до маси

сирих проростків та маси сухих коренів до маси сухих проростків. Сорт Землероб характеризувався високим рівнем прояву кількості пророслого насіння, маси сирих і сухих проростків, маси сухих коренів. У сорту Nordcar відмічено підвищений рівень показників за п'ятьма ознаками: кількість пророслого насіння, маса сухих проростків та коренів, відношення маси сирих коренів до маси сирих проростків та маси сухих коренів до маси сухих проростків. Отже, детектовані за посухостійкістю методом пророщування насіння на осмотичному розчині ПЕГ6000, ці сорти можуть слугувати джерелами стійкості до водного дефіциту в ювенільний період та рекомендовані до залучення в селекційний процес при створенні сортів пшениці м'якої озимої, адаптованих до посухи, зокрема в осінній період.

## **2 Визначання морозостійкості сортів озимих культур в період зимівлі (фаза кущення) 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 [40].

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.

Висіане 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 (рис. 1).



Рисунок 1 – Вигляд рослин на вегетаційному майданчику, загартування в природних умовах

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 кущіння 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 кожен 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°С або 2°С 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 загартовування, рослини попередньо дозагартовують в цих самих камерах.

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

Таблиця 3 – Сорти-еталони морозостійкості пшениці м'якої озимої та тритикале озимого, 2018-2021рр.

Сорт	Стійкість, бал								
	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Пшениця м'яка озима									

Альбидум 114	+								
Мионовская 808, Дорідна		+							
Запашна, Подолянка			+						
Смутлянка, Модус				+					
Полісянка					+				
Авантаж						+			
Togas							+		
Безостая 1								+	
Соломія, Albertus									+
Тритикале озиме									
Степан	+								
Раритет		+							
Букет			+						
Аякс				+					
Антей					+				
Mundo							+		
Хлебороб								+	
Візерунок									+

Після розморожування рослини обрізають так, щоб залишилися листкові пластинки довжиною 0,5 см (рис. 2), поміщають у теплицю з температурою від 18 °С до 24 °С і 12-годинним освітленням люмінісцентними 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.

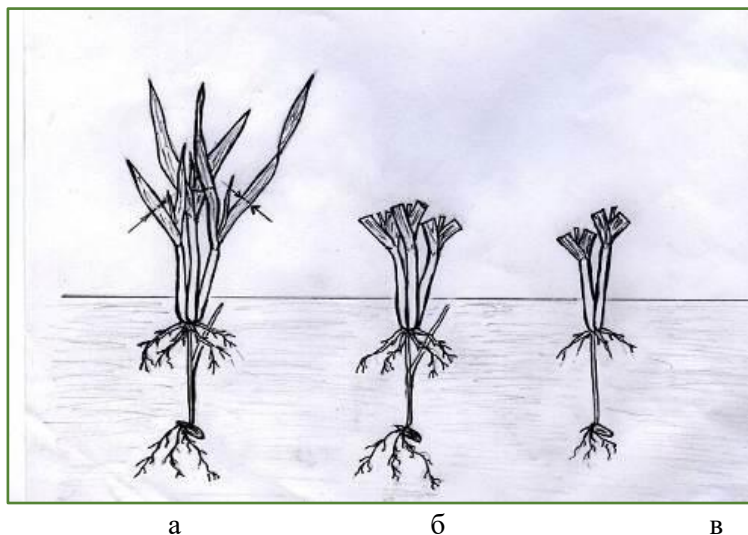


Рисунок 2 – Схема зрізування листків проморожених рослин перед відрощуванням.

Примітка. а – стрілками вказано місце зрізу; б, в –рослини, правильно підготовлені до відрощування

В інших випадках рослину вважають нежиттєздатною (загиблою). 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 (табл. 4).

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 (див. табл. 3) з відомим рівнем морозостійкості та присвоюють кожному сорту відповідну групу стійкості. Результати визначання заносять у робочі журнали установленної форми.

Таблиця 4 – Характеристика рівнів морозостійкості сортів пшениці м'якої озимої

Морозостійкість		Критична температура вимерзання, °С
бал	група	
9-8	дуже висока	-18,0-19,0
7	висока	-17,0-17,5
6	вищесередня	-16,0-16,5
5	середня	-15,0
4	нижчесередня	-14,0
3-2	низька	-13,0
1	дуже низька	менше -12,0

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  $r = 0,78-0,80$ .

### **3 Методи визначання посухостійкості сортів озимих зернових культур у генеративний період розвитку**

Генеративний період розвитку озимих зернових культур припадає на весняно-літній період року. Останніми десятиліттями в цей період значно почастишали посушливі явища погоди – від незначного дефіциту опадів до жорсткої ґрунтової та повітряної посухи, яка виникає при тривалій відсутності опадів в поєднанні з високою випаровуваністю, що обумовлює висушування кореневмісного шару ґрунту та порушує водопостачання рослин. В результаті рослини різко знижують свою продуктивність. До виникнення посухи може призвести недостатнє поповнення запасів ґрунтової вологи навесні при таненні снігового покриву або недостатня кількість опадів у весняно-літній період. У цьому випадку рослини будуть відчувати нестачу вологи навіть при порівняно невисокій випаровуваності. Така посуха називається ґрунтовою. За ґрунтової посухи ріст органів рослин сповільнюється аж до припинення, спостерігається їхнє всихання та загибель рослин. За дії повітряної посухи всихають краї листків, а з часом й уся площа листової пластинки через значне випаровування вологи через продиhi. За таких умов кращу посухостійкість мають сорти зернових культур з високим рівнем водоутримуючої та водопоглинальної здатності.

Визначення посухостійкості сортів озимих зернових культур у генеративний період розвитку проводиться польовими та лабораторними методами. До польових методів належать: метод візуальних спостережень за посівами сортів; метод визначення динаміки приросту сухої речовини; метод засушників; екологічне вивчення сортів у різних кліматичних умовах або контрастних за гідротермічними показниками роках.

З польових методів найдоступнішим і таким, що не потребує спеціальних додаткових досліджень є метод візуальних спостережень за посівами сортів. Він найефективніший в роки, коли спостерігаються посухи середньої сили та є диференціація між сортами. У період посухи щоденно спостерігають за станом дослідних посівів. Для оцінки застосовують дев'ятибалову шкалу, де балом 1 оцінюють найнижчий прояв ознаки (посіви, на яких вціліли лише окремі рослини, або посіви, близькі до повної загибелі), а балом 9 – найвищий прояв ознаки (сорти не мають помітних пошкоджень, табл. 5).

Таблиця 5. Польова оцінка пшениці озимої за посухостійкістю

Ознака	Ступінь прояву ознаки	Бал
--------	-----------------------	-----

Згортання верхньої частини листків	непосухостійкі – дуже сильне слабкопосухостійкі – сильне середньопосухостійкі – помірне посухостійкі – слабе високопосухостійкі – дуже слабе або відсутнє	1 3 5 7 9
В'янення листків в денні години	непосухостійкі – дуже сильне слабкопосухостійкі – сильне середньопосухостійкі – помірне посухостійкі – слабе високопосухостійкі – дуже слабе або відсутнє	1 3 5 7 9
Відновлення тургору вночі	непосухостійкі – не відновлюється слабкопосухостійкі – слабо відновлюється середньопосухостійкі – помірно відновлюється посухостійкі – добре відновлюється високопосухостійкі – повне відновлення	1 3 5 7 9
Пожовтіння і засихання органів (листіків, стебел, колосу, зерен)	непосухостійкі – засихання $\geq 81$ % слабкопосухостійкі – засихання 61-80 % середньопосухостійкі – засихання 31-60 % посухостійкі – засихання 11-30 % високопосухостійкі – засихання $\leq 10$ %	1 3 5 7 9

Враховують прояв зовнішніх ознак пошкоджень рослин: згортання верхньої частини листків; їх в'янення в денні години; відновлення тургору вночі; пожовтіння і засихання листків, стебел, колосу, зав'язі. Контролюють і відзначають, як окремі сорти регенеруються після пошкоджень, викликаних несприятливими умовами та їхній вплив на врожайність.

Ці методи дають досить надійні результати, але потребують спостережень впродовж тривалого часу. Їх ефективно доповнюють лабораторно-вегетаційні методи досліджень, проводити які можливо

впродовж усього весняно-літнього вегетаційного періоду, на різних етапах органогенезу. До найбільш популярних методів відноситься встановлення стійкості до зневоднення шляхом визначання водоутримуючої та водопоглинальної здатності вегетативних органів рослин [41], переважно листків, відібраних в польових посівах озимих зернових культур.

### 3.1 Визначання стійкості до зневоднення за рівнем водоутримуючої та водопоглинальної здатності сортів

Для проведення аналізу листя (10-12 штук для кожного зразка) зрізають у ранішні години, поміщають у поліетиленові пакети та швидко переносять до лабораторії, зважують на торзійних або електричних терезах і поміщають до термостату на в'янення. Для кожного зразка зручно брати по 3-4 повторності по 3-4 листи в кожній.

Час в'янення має бути визначено заздалегідь. Експериментально встановлено, що сорти чіткіше розрізняються за водоутримуючою здатністю, якщо листя втрачає не менше 40-50% води від загального її вмісту, оскільки в цьому випадку включаються механізми водоутримування колоїдної природи. У рослинах, вирощених в екстремальних умовах, вода перебуває у більш зв'язаному стані, тому для них потрібне більш тривале в'янення, ніж для рослин із забезпеченого водою фону. Найчастіше листям м'якої пшениці достатньо 3-4 год в'янення, твердій пшениці 4-5 год, ячменю – 5-6 год.

Умови в'янення повинні бути для зразків, що порівнюються, однаковими за температурою і вологістю повітря. Найкраще створювати такі умови в сушильних шафах із регульованою температурою. Для підтримки стабільної вологості повітря на дно шафи потрібно поставити кювети з насиченим розчином хлористого кальцію. Температура може коливатися від 20°C до 30°C. За необхідності в'янення можна проводити в кімнаті, захищеній від прямого потрапляння сонячних променів. Але в цьому випадку не можна порівнювати зразки, що аналізуються у різні дні, оскільки температура може змінюватись.

Через потрібний час матеріал знову зважують для визначення різниці мас кількості втраченої при в'яненні води, а потім висушують протягом 3-4 год при 105°C для визначення сухої маси наважки.

Розрахунок водо утримуючої здатності. При слабкій та помірній посузі, коли обводненість рослин знаходиться на досить високому рівні, водоутримуючу здатність визначають за втратою води під час в'янення. При

жорсткій посусі і сильному зневодненні рослин водоутримуючу здатність слід визначати по воді, що залишилася після в'янення, оскільки слабка водовіддача при цьому залежить не стільки від водоутримуючої здатності, скільки від дуже низького вмісту води.

Розрахунок водоутримуючої здатності можна проводити як у відсотках від загального вмісту води (А) обчислюється по різниці сирої (Б) та сухої (В) мас. Водоутримуюча здатність (а) обчислюється за такими формулами:

$$a = (B-b) / A * 100\%,$$

де б - сира маса після в'янення, або

$$a=(B-b)/V*100\text{мг, або } a=(b-B)/A*100\%, \text{ або } a=(b-B)/V*100\text{мг,}$$

Сорт, що має велику водоутримуючу здатність в умовах посухи за однакової або вищої загальної обводненості рослин вважається більш посухостійким. Але дуже часто в польових умовах сорти слабо розрізняються за водоутримуючою здатністю або їх важко порівнювати через істотні відмінності в загальному вмісті води.

В такому разі рекомендовано визначати також водопоглинальну здатність рослин.

Для визначення водо поглинальної здатності листя, відібрані з рослин, як це описано в методиці визначення водо утримуючої здатності, попередньо насичують протягом 3 годин для усунення водного дефіциту, потім обсушують фільтрувальним папером їх кінці, зважують і піддають в'яненню, як це було описано у методиці визначення водоутримуючої здатності. Час в'янення може бути більш тривалий, ніж щодо водоутримуючої здатності. Після в'янення їх знову поміщають у камеру для насичення водою на 3 години, потім знову осушують кінці і зважують. За різницею мас визначають ту кількість води, яку листя не змогли поглинути через незворотні ушкодження, викликані в'яненням.

Число повторень і листя в кожній з них таке ж, як при визначенні водоутримуючої здатності. Рослини для визначення цього показника можна брати з будь-якого фону вирощування.

Розрахунок водопоглинальної здатності. Водопоглинальну здатність визначають за кількістю води, яку рослини не могли поглинути після зав'ядання. Її визначають у відсотках від сирої маси за повного насичення за формулою

$$a = (A1-A2) / A1 * 100\%,$$

де а – водопоглинальна здатність,

A1 - сира маса наважки після початкового насичення,

A2 – сира маса наважки після в'янення та повторного насичення.

За результатами досліджень водоутримуючої здатності, проведених авторами, встановлено, що після в'янення листки втрачали від 7,5 до 15,4 % води, відповідно водоутримуюча здатність зразків становила від 84,6 до 92,5% [42]. У стандартного сорту Подолянка встановлено невисоку віддачу води під час в'янення 7,5% та високий рівень водоутримуючої здатності 92,5%. Достовірно нижчою, порівняно зі стандартом, водоутримуюча здатність була у сортів Досконала (87,3%), Краса ланів (84,8%), Тобак (84,6%), Altigo (86,2%), Mawken (87,0%), Безоста 1 (86,1%). Найближчу до стандарту водоутримуючу здатність відмічено у сорту Scorpion (91,5 %).

#### **4 Метод визначання жаростійкості сортів озимих зернових культур у генеративний період розвитку**

Стійкість сортів до гіпертермії у генеративний період розвитку визначають за удосконаленим методом Ф.Ф. Мацкова [43]. Від кожного сорту беруть по 12-15 листків (за кількістю градацій температури, що випробовуються). Листя зрізають з одного і того ж ярусу і готують з них невеликі пучки, які занурюють у воду попередньо підігріту до 40°C. Для цього використовують водоналивний термостат. Через 30 хв. з кожного пучка відбирають проби листя для подальшого визначення реакції на дію даної температури і тимчасово (до закінчення дії на рослини всіх градацій температури) поміщають у чашки Петрі або кювети (окремі для кожного сорту) з холодною водою. Потім температуру гарячої води з зануреними у неї пучками листя підвищують на 2-5°C і підтримують на такому рівні протягом 10 хв, після чого відбирають наступні проби листя кожного сорту і знову поміщають у відповідні чашки Петрі з холодною водою і так доти, поки температура води в посудині з випробуваним листям не досягне передбачуваного летального рівня (60-65°C). Після цього холодну воду в чашках Петрі, де знаходилося листя, яке зазнало впливу різних підвищених температур, замінюють на 0,2 N розчин HCl. Через 10-15 хв листя виймають із відповідної чашки Петрі і розкладають на фільтрувальному папері: за ступенем їх побуріння визначають реакцію на вплив температур. Чим сильніше пошкоджений лист високою температурою, тим швидше в і більшому числі з'являються на ньому бурі плями від кислоти, що утворилася

внаслідок утворення всередині тканин феофітину. Час появи плям та їх числа або їх площа в одиницю часу є критерієм оцінки жаростійкості листя. Ушкодження листків виражають у відсотках до площі листка або у балах.

За результатами аналізу жаростійкості встановлено коливання ступеня пошкодження листків як між сортами, так і залежно від температурного режиму ( $t=40-68^{\circ}\text{C}$ ). Із зростанням температури обробки проби збільшувалася площа пошкодження листка до повної загибелі за температури  $56^{\circ}\text{C}$ . Найбільший розкид показника пошкодження листка спостерігали за температури  $44^{\circ}\text{C}$  – 4-38%,  $t 46^{\circ}\text{C}$  – 7-40%,  $t 52^{\circ}\text{C}$  – 28-95%. Найменший рівень пошкодження листків відмічено за температури  $40^{\circ}\text{C}$  – 2,5-8 %.

Отже, розроблена система методів комплексної оцінки стійкості сортів озимих культур до абіотичних чинників дозволяє встановити рівень стійкості сортів та селекційного матеріалу озимих зернових культур протягом всього періоду онтогенезу. За результатами диференціації сортів згідно випробуваних методик за різними ознаками стійкості до гіпотермії, гіпертермії та зневоднення, встановлено сорти-еталони різних рівнів морозостійкості та виявлені сорти зі стійкістю до впливу високих температур і зневоднення.

## СПИСОК ПОСИЛАНЬ

1. Вавилов Н.И. Научные основы селекции пшеницы. Избранные произведения. Л. Наука, 1967. Т. 2. С. 7–259.
2. Вавилов Н.И. Генетика и сельское хозяйство. М. Знание, 1968. 61 с.
3. Юрьев В.Я. Методика селекции пшеницы на Харьковской станции. М. Сельхозгиз, 1930. 89 с.
4. Юрьев В. Я. Про селекцію, сорти і насінництво . Доповідь на сесії АН УРСР (8.IV.1947 р.). С. 22-26.
5. Юрьев В.Я. Метод оценки сортов на зимостойкость. Селекция и семеноводство. 1935. № 5. С. 21- 28.
6. Бурденюк-Тарасевич Л.А. Селекція інтенсивних сортів озимої м'якої пшениці з підвищеною зимостійкістю для умов Лісостепу та Полісся України. Зб. наук. праць СГП. Одеса, 2003. Вип. 4 (44). С. 48-55.
7. Горлач А.А., Бурденюк-Тарасевич Л.А. Ускоренные полевые методы оценки зимостойкости озимой пшеницы. Бюллетень Мироновского НИИП. Мироновка, 1973. С. 16-19.
8. 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.
9. Кирьян В.М. Разработка методики оценки зимостойкости озимой пшеницы. Наукові розробки і реалізація потенціалу сільськогосподарських культур. Зб. наук. праць. К. : Аграрна наука, 1999. С. 122-125.
10. Рыбакова М.И. Метод оценки морозостойкости озимых на стеллажах. Методы оценки устойчивости растений к неблагоприятным условиям среды. Л., 1976. С. 122-127.
11. Кір'ян В.М. Оцінка генофонду пшениці озимої на зимостійкість в екстремальних умовах перезимівлі . Вісник Полтавської ДАА. Полтава. 2009. № 2. С. 26-30.
12. Васильева И.М. Некоторые взаимосвязи между водным, углеводным и азотным обменами озимой пшеницы в связи с вопросом морозоустойчивости. Физиология растений. 1964. Т. 41, № 5. С. 976 - 982.
13. Туманов И.И. Физиологические основы зимостойкости культурных растений. М.-Л. Сельхозгиз. 1940. 110 с.
14. 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. Л., 1976. С. 222 – 228.

15. А. с. 2025941. Способ оценки морозостойкости озимой пшеницы / В.Н. Мусич, Б.М. Корнелли / Бюлл. РФ Изобретения. 1995. № 1. С. 102.
16. Мельник П.А., Мойса М.И., Передерко Н.И. Метод визначення екзоосмосу в листках проростків озимої пшениці при заморожуванні. Вісник аграрної науки. 2009. № 7. С. 25-27.
17. 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. Л., 1976. С. 191 – 204.
18. Милаев Я.И., Ломанов Б.К., Владимиров М.Л., Болотова Н.Н. Коррелятивная зависимость между морозостойкостью озимой пшеницы и электропроводностью тканей узлов кушения. Селекция и семеноводство : меж вед. темат. научн. сб. К. Урожай. 1973. Вып. 25. С. 76 – 83.
19. 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.
20. 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.
21. Рябчун О.П., Исаенко В.О., Осадчий И.Я. Диагностика морозостойкости винограда по импедансу тканей лозы. Методы оценки устойчивости растений к неблагоприятным условиям среды. Л.1976. С. 184 – 190.
22. Ковтун И.И., Гойса Н.И., Гаценко Р.В. Зимостойкость озимой пшеницы в зависимости от сорта. Зимостойкость озимых хлебов и многолетних трав. К. Наукова думка. 1976. Ч. 2. С. 25 -28.
23. Проценко Д.Ф., Власюк П.А., Колоша О.И. Зимостойкость зерновых культур. М. Колос. 1969. 383 с.
24. Попереля Ф.А. Полиморфизм глина и его связь с качеством зерна, продуктивностью и адаптивными свойствами сортов мягкой пшеницы. Селекция, семеноводство и интенс. технол. воздел. озимой пшеницы. М. Агропромиздат. 1989. С. 138-150.
25. 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. Саратов, 1990. С. 34-37.
26. Ельников Н.И. Пархоменко Р.Г., Норик И.М. Селекция современных сортов озимой пшеницы на зимостойкость. Повышение зимостойкости озимых зерновых. М. : Колос. 1993. С. 147-152.
27. Горелова Е.И., Рябчун Н.И., Шкляревский М.И., 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. Вип. 3 (51). С.1-16

28. 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. Вип.2 (50). С. 93-104

29. Kolupaev Yu.E., Ryabchun N.I., Vayner A.A., Yastreb T.O., Oboznii A.I. 2015. Antioxidant enzyme activity and osmolyte content in winter cereal seedlings under hardening and cryostress. Russ. J. Plant Physiol. 62(4) : 499-506.

30. Христова Т.Є. Формування екологічного напрямку фітофізіології в Україні. *Екологія та ноосферологія*. 2008.Т.19. № 1-2. С. 154-158

31. Моргун В.В., Мусіяка В.К., Яворська В.К. Історія розвитку фізіології рослин в Україні. *Фізіологія рослин в Україні на межі тисячоліть*. К. 2002.Т. 1. С. 6-19.

32. 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.

33. Hatfield J.L., Prueger H. Agroecology: Implications for plant response to climate change. Crop adaptation to climate change. Chichester.UK, 2011. P. 27– 43

34. Blum, A. (2005) Drought Resistance, Water-Use Efficiency, and Yield Potential—Are They Compatible, Dissonant, or Mutually Exclusive? Australian Journal of Agricultural Research. 56. p. 1159-1168.

35. Reynolds M.P. (2002) Physiological approaches to wheat breeding. Bread wheat . Improvement and Production. FAO Plant Production and Protection Series. 30. p. 37-46.

36. Писаренко В. М., Писаренко П. В., Писаренко В. В., Горб О. О., Чайка Т. О. Посухи в контексті змін клімату України. Вісник ПДАА. 2019. № 1. С. 134–146. DOI 10.31210/visnyk2019.01.15

37. Ashraf M., Harris P. Abiotic Stresses: Plant Resistance Through Breeding and Molecular Approaches / International Book Distributing Co. 2010. 386 p.

38. Bayoumi T.Y., Manal H. Eid, Metwali E.M. Application of physiological and biochemical indices as a screening technique for drought

tolerance in wheat genotypes. African Journal of Biotechnology.2008; Vol.7(14):2341-2352.

39. Radhouane L. Response of Tunisian autochthonous pearl millet (*Pennisetum glaucum* (L.) R.Br.) to drought stress induced by polyethylene glycol (PEG) 6000. African Journal of Biotechnology. 2007; 6( 9):1102-1105.

40. ДСТУ 4749:2007 «Пшениця озима. Метод визначення морозостійкості сортів» (2007).

41. Долгова Л.Г., Коваль І.В., Демура Т.А. Особливості водного обміну рослин–інтродуцентів роду *Rosa* L. Вісник Дніпропетр. ун-ту. Серія Біологія. Екологія. 2003. Вип. 11. Т. 2. С. 28–36.

42. Рєзнік А.М., Рябчун Н.І., Лютенко В.С. Посухостійкість сортів пшениці озимої різного еколого-географічного походження в онтогенезі. Новітні технології в рослинництві: традиції та сучасність. Зб. тез міжн. наукової інтернет-конф. (17-18 червня 2020 р.). Харків. 2020. С. 153-154

43. Методические рекомендации по комплексной оценке селекционного материала тритикале на засухоустойчивость и жаростойкость /составитель Сердюк Н.А./ Харьков. УНИИРСиГ. 1984. 15 с.

**СИСТЕМА МЕТОДІВ КОМПЛЕКСНОЇ ОЦІНКИ  
СТІЙКОСТІ СОРТІВ ОЗИМИХ КУЛЬТУР  
ДО АБІОТИЧНИХ ЧИННИКІВ**  
(науково-методичні рекомендації)

Розробники:

доктор с.-г. наук Рябчун Н.І.,  
канд. с.-г. наук Змієвська О.А.,  
мол. наук. співробітник Салій А.М.,  
канд. біол. наук Поздняков В.В.,  
наук. співробітник Анциферова О.В.,  
бакалавр Харченко М.Ю.

Наукове видання друкується за рішенням  
Вченої ради Інституту рослинництва імені В.Я. Юр'єва НААН  
(протокол № 9 від 24 жовтня 2023 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

Надруковано: Інститут рослинництва  
імені В.Я. Юр'єва НААН. 2023 р.