УДК 633.11:581.1:
58.056:58.084

© 2023

МОРОЗОСТІЙКІСТЬ НОВОСТВОРЕНИХ СОРТІВ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ ОЗИМОЇ МИРОНІВСЬКОЇ СЕЛЕКЦІЇ ЗА РІЗНИХ УМОВ ЗАГАРТУВАННЯ

Т.В. Юрченко[1], С.В. Пикало[2], М.В. Харченко[3]
[1, 3]кандидати сільськогосподарських наук
[2]кандидат біологічних наук
Миронівський інститут пшениці імені В.М. Ремесла НААН
вул. Центральна, 68, с. Центральне Обухівського р-ну Київської обл., 08853, Україна
e-mail: [1]t.yurchenko978@gmail.com, [2]pykserg@ukr.net, [3]michail.kharch@gmail.com;
ORCID: [1]0000-0003-0164-4003, [2]0000-0002-3158-3830, [3]0000-0002-4005-2134

Надійшла 12.07.2023

Мета. *Вивчити морозостійкість новостворених сортів пшениці м'якої озимої миронівської селекції за різних режимів загартування в умовах центральної частини Лісостепу України та виділити сорти зі стабільно високим рівнем стійкості.* **Методи.** *Після загартування рослин на відкритому майданчику за стандартною методикою їх піддавали проморожуванню в камерах низьких температур за температури –18 °С. Достовірність отриманих даних перевіряли за критерієм Фішера.* **Результати.** *Дослідження, які проводили протягом трьох контрастних за погодними умовами років, підтвердили, що морозостійкість сортів пшениці залежить від умов їх загартування. У разі поступового зниження температури повітря процес загартування рослин проходив значно ефективніше, ніж за її різких коливань. За сприятливих умов проходження фаз загартування у 2021/2022 р. відсоток живих рослин після проморожування в середньому по сортах становив 84,4%, за задовільних умов у 2020/2021 р. — 68,1%, а за несприятливих у 2019/2020 р. — 51,9%. Морозостійкість еталонного сорту Миронівська 808 у роки досліджень варіювала від 56 до 94%. У 2019/2020 р. рівень стійкості, вищий ніж у еталона, виявив сорт Аврора миронівська, на рівні еталона — сорти МІП Ассоль, МІП Фортуна, МІП Відзнака, Вежа миронівська, МІП Ювілейна, Естафета миронівська, МІП Ніка. У 2020/2021 р. вищу, ніж у еталона, морозостійкість мали сорти МІП Відзнака та МІП Феєрія, на рівні еталона — МІП Роксолана, Естафета миронівська, Вежа миронівська, МІП Ювілейна, Аврора миронівська, МІП Ніка та МІП Фортуна. Після проморожування у 2021/2022 р. відсоток живих рослин у сортів МІП Фортуна, МІП Відзнака, МІП Ювілейна, Естафета миронівська, Вежа миронівська, МІП Ніка був майже таким самим, як у сорту Миронівська 808. Між відсотком живих рослин після проморожування і тем-*

пературним режимом періоду загартування встановлено сильний зворотний кореляційний зв'язок (r = –0,77).* Висновки. *Упродовж трьох років досліджень найвищий рівень морозостійкості мали такі сорти пшениці м'якої озимої: МІП Фортуна, МІП Відзнака, Вежа миронівська, МІП Ювілейна, Естафета миронівська та МІП Ніка.

Ключові слова: *Triticum aestivum L., відсоток живих рослин, погодні умови, температура повітря, вегетаційний рік, висота снігового покриву, вузол кущення.*

DOI: https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202311-05

Важливим завданням сьогодення є забезпечення продовольчої безпеки нашої країни. Зважаючи на це, одним із пріоритетних напрямів сільськогосподарського виробництва вважають стабілізацію виробництва високоякісного продовольчого зерна за рахунок вирощування пшениці озимої [1]. Сучасні сорти пшениці озимої мають високий потенціал продуктивності, реалізація якого значною мірою залежить від умов вирощування [1, 2]. Зокрема, основним лімітуючим чинником є погодні умови впродовж року — його частка у формуванні продуктивності становить 82% [3]. Клімат останніх років характеризується стрімкими змінами погодних умов зі значними коливаннями кількості опадів та температури [4, 5]. Підвищення температури повітря, яке спостерігається останнім часом на території України, характеризується нерівномірністю: періоди різкого її зростання змінюються більш уповільненими або взагалі похолоданням. Іноді на тлі загального потепління відзначаються хвилі похолодання із приморозками, що становить справжню небезпеку для сільського господарства [6]. Ступінь і характер зміни клімату може суттєво впливати на продуктивність пшениці озимої: мінливість погоди зумовлює значні (до 40–60%) коливання урожайності [7, 8]. Кожна фаза розвитку рослини забезпечує свій внесок в урожайність культури, а її тривалість залежить від агрокліматичних умов. Максимальний приріст продукції формується за оптимальних значень агрометеорологічних факторів, які забезпечують біологічний оптимум рослин у кожний період вегетаційного циклу [9].

Для росту і розвитку пшениці озимої велике значення має зимовий період [8, 9]. Під час зимівлі у рослин пшениці озимої 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 [10, 11]. 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 [12]. Через несприятливі умови перезимівлі в різних регіонах України майже щороку гине велика кількість посівів пшениці озимої. Ось чому таке велике значення має морозостійкість — здатність рослин переносити низькі температури без незворотних шкідливих наслідків [8, 11]. Незадовільний стан посівів озимих культур переконує в нагальній потребі проведення агротехнічних і селекційних досліджень у напрямі підвищення їх морозостійкості [11, 13]. Загалом морозостійкість — це одна з основних складових адаптивності сортів пшениці озимої [14, 15].

Озимі культури здатні витримувати несприятливі температурні умови холодного періоду завдяки низці пристосувальних реакцій, серед яких чільне місце посідає адаптація до низьких температур [16, 17]. В осінній період при зниженні температури повітря і ґрунту в озимих культурах протікають складні фізіологічні процеси, що забезпечують їх підготовку до зимівлі, — так зване загартування рослин. Слід зазначити, що загартування рослин в осінньо-зимовий період значно підвищує їх стійкість до негативного впливу погодних умов, які спостерігаються протягом зимового періоду. Як відомо, загартування озимих рослин відбувається у дві фази: фаза I проходить за

денної температури повітря від 8 до 10 °С, а нічної — від 0 до 4 °С, фаза II відбувається, коли середньодобова температура коливається в межах від 0 до −5 °С [18].

У фазі I рослини загартовуються завдяки активним процесам вегетації та фотосинтезу. У цей період рослина накопичує у вузлах кущення достатню кількість цукрів (вуглеводів), які за нічної температури від 0 до 4 °С не витрачаються культурами на дихання та ріст [19]. Завдяки тому, що вміст цукрів у вузлах кущення постійно зростає і до кінця фази може становити близько 30%, а також через збільшення вмісту сухої речовини в рослинному організмі зниження температури на глибині залягання вузла кущення до −10…−12°С переноситься рослиною нормально [18].

Фаза II передбачає процес зневоднення клітин рослини, в яких підвищується концентрація розчинних цукрів. Унаслідок цього вміст у рослинному організмі вільної води, здатної до швидкого замерзання, зменшується, а натомість з'являється вода із високою концентрацією цукру, яка замерзає лише за критично низьких температур [20]. Після успішного проходження фази II загартування рослини стають ще більш стійкими до низьких температур. Пшениця, яка добре загартувалася, може витримувати температуру близько −18…−19 °С біля вузла кущення. Тривалість проходження рослинами обох фаз загартування становить 20−25 діб [19, 20].

У процесі загартування рослини озимих культур до кінця осінньої вегетації поповнюють у вузлах кущення запаси осмотично активних речовин, насамперед водорозчинних вуглеводів та амінокислоти проліну, що дає їм можливість досягти високого рівня морозостійкості [21, 22]. Менш морозостійкі сорти озимих культур містять менше водорозчинних вуглеводів, ніж морозостійкі, і в їхніх вузлах кущення формується менше клітинного соку.

Враховуючи викладене, вивчення особливостей сучасних генотипів пшениці озимої формувати морозостійкість за різних умов загартування на сьогодні є актуальним напрямом досліджень.

Мета досліджень — вивчити морозостійкість новостворених сортів пшениці м'якої озимої миронівської селекції за різних режимів загартування в умовах центральної частини Лісостепу України та виділити сорти зі стабільно високим рівнем стійкості.

Матеріали і методи досліджень. Дослідження проводили впродовж 2019−2022 рр. в умовах Миронівського інституту пшениці імені В.М. Ремесла НААН. Матеріалом для дослідження були 13 сортів пшениці м'якої озимої миронівської селекції: Аврора миронівська, МІП Ассоль, МІП Фортуна, МІП Відзнака, Вежа миронівська, МІП Ювілейна, Естафета миронівська, МІП Ніка, МІП Феєрія, МІП Роксолана, Грація миронівська, МІП Дарунок, МІП Лада. Як еталон використовували високоморозостійкий сорт пшениці Миронівська 808.

Морозостійкість рослин визначали за ДСТУ 4749:2007 [23], який передбачає проведення досліджень за такою методикою. Ящики розміром 30×40 см і глибиною 12−15 см заповнювали просіяним ґрунтом на 3−4 см нижче верхнього краю. Поверхню ґрунту вирівнювали і розбивали на рядки, відстань між якими становила 3−4 см. Дослідний матеріал висівали в ящики по 20−25 насінин у кожному рядку і засипали зверху на 3 см ґрунтом. У кожному ящику висівали також по два рядки еталонного сорту. З осені до початку зими рослини перебували у природних умовах, проходили обидві фази загартування. Догляд за рослинами полягав у їх систематичному поливі. У першу декаду січня ящики поміщали в низькотемпературні камери КНТ-1. Для оцінювання морозостійкості кожний сорт проморожували за температури −18 °С. Температуру в камерах (температура навколишнього середовища) щогодинно знижували на 2 °С, доки не досягали заданого значення. Експозиція проморожування становила 24 год. Після поступового їх розмерзання (впродовж 2 діб) ящики з культурою розміщували в приміщеннях з температурою від 18 до 24 °С і готували рослини до відрощування — підстригали, залишаючи листову пластинку довжиною 0,5 см. Попередній підрахунок живих і відмерлих рослин проводили через 10−12 діб, остаточний — через 15−16 діб.

Достовірність отриманих даних перевіряли за критерієм Фішера. Для інтерпретації коефіцієнта кореляції Пірсона (r) використали шкалу Чеддока [24]: 0 < r < 0,09 —

зв'язок відсутній, 0,10 < r < 0,29 — слабкий, 0,30 < r < 0,49 — помірний, 0,50 < r < 0,69 — значний, 0,7 < r < 0,89 — сильний, 0,90 < r < < 0,99 — дуже сильний, r = 1,00 — зв'язок функціональний.

Результати досліджень. У 2019 р. припинення вегетації рослин було відмічено 21 листопада за середньодобової температури –0,8 °С з наступним різким її зниженням та подальшим поступовим підвищенням (рис. 1). З 15 грудня за чергової зміни погодних умов рослини відновили вегетацію і вже остаточно припинили її 26 грудня, що на 50 діб пізніше [25], ніж у попередньому 2018 р. (6 листопада).

Найнижча середньодобова температура відмічена 22 листопада 2019 р. (–6,8 °С) з температурою на глибині залягання вузла кущення –2,0 °С [25]. Сніг у цей період випадав висотою до 5 см та одразу танув (рис. 2).

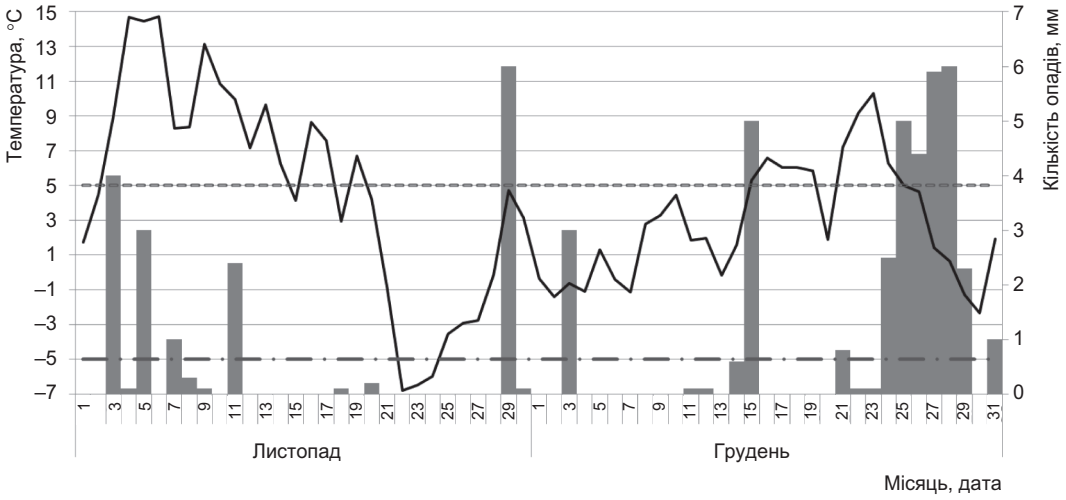

Рис. 1. Гідротермічні умови періоду загартування рослин у 2019 р. : — кількість опадів, мм; — температура, °С; — фаза I загартування; — фаза II загартування

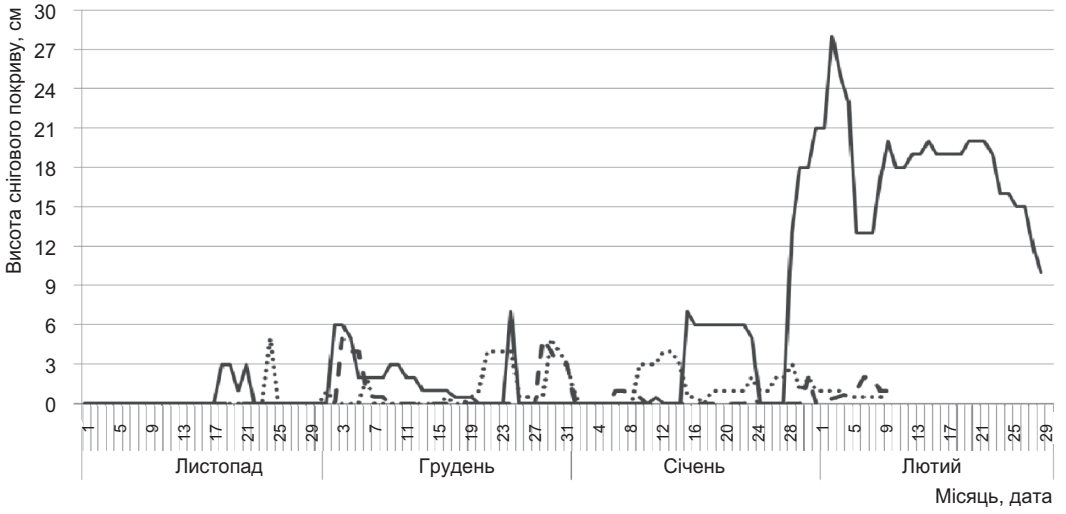

Рис. 2. Висота снігового покриву впродовж осінньо-зимового періоду 2019/2020 – 2021/2022 р.: – – – 2019/2020 р.; — 2020/2021 р.; ····· 2021/2022 р.

Загалом, за температурним режимом зима 2019/2020 р. була досить м'якою, однак характеризувалась відсутністю снігового покриву та різкими перепадами температури. Як наслідок, рослини не пройшли необхідні для перезимівлі фази загартування та не накопичили у вузлах кущення достатньої кількості цукрів, що призвело до повної або часткової їх загибелі. Проте це дало селекціонерам можливість в умовах природного добору відібрати форми з високою адаптивною здатністю.

Припинення вегетації рослин у 2020 р. було відмічене 11 листопада за середньодобової температури 4,4 °С, що на 45 діб раніше [25], ніж у 2019 р. (26 грудня), з наступним поступовим її зниженням (рис. 3): 3,2 °С (12.11); 2,7 °С (13.11).

Найнижча середньодобова температура відмічена 17 січня 2021 р. (–17,6 °С), з температурою на глибині залягання вузла кущення –3,5 °С [25]. Зимова температура 2020/2021 р. була помірною, лише в лютому відмічена середня температура повітря, нижча за багаторічну (–4,7 °С). Середні показники температури грудня та січня перевищували ці значення на 2 і 1,4 °С відповідно. Мінімальний сніговий покрив встановився вже 1 грудня. Його максимальна висота впродовж зимового періоду сягала 28 см (рис. 2).

У 2021 р. припинення вегетації рослин озимини було відмічено 9 листопада за середньодобової температури повітря 4,1 °С з наступним поступовим її зниженням до –0,8 °С (16.11) та –2,5 °С (17.11). 20 листопада за чергової зміни погодних умов відбулось відновлення вегетації озимих культур, а 23 листопада — остаточне її припинення (рис. 4), що на 12 діб пізніше [25], ніж у попередньому році (11 листопада).

Підвищений температурний режим спостерігали у січні та лютому 2022 р.: –1,2 та 1,7 °С при середньому багаторічному значенні в ці місяці за останні 30 років –3,5 та –2,4 °С відповідно. Максимальне значення температури за зимовий період становило 9,6 °С (5.01.2022 р.) та 9,9 °С (21.02.2022) [25].

Зима 2021/2022 р. характеризувалася помірною температурою повітря: в січні та лютому середньомісячні її показники були вищими на 2,3 і 4,1 °С відповідно порівняно з середньобагаторічними показниками. Найнижча середньодобова температура, а саме –13,0 °С, була відмічена 12 січня 2022 р.; температура на глибині залягання вузла кущення в цей час становила –4,5 °С. Максимальна висота снігового покриву перебувала в межах 3–5 см, глибина промерзання ґрунту в період низьких температур дорівнювала 16 см [25].

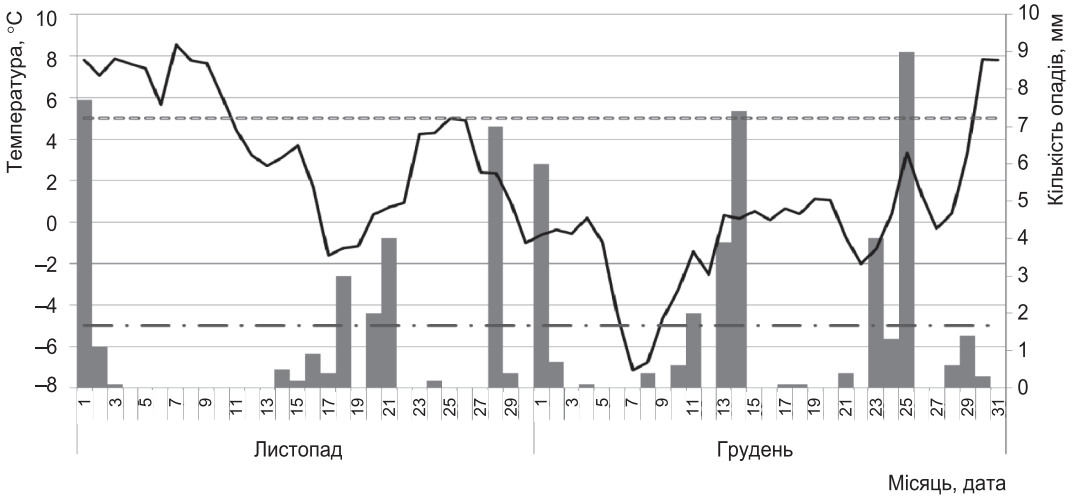

Рис. 3. Гідротермічні умови періоду загартування рослин у 2020 р.: : — кількість опадів, мм; — температура, °С; — фаза I загартування; — фаза II загартування

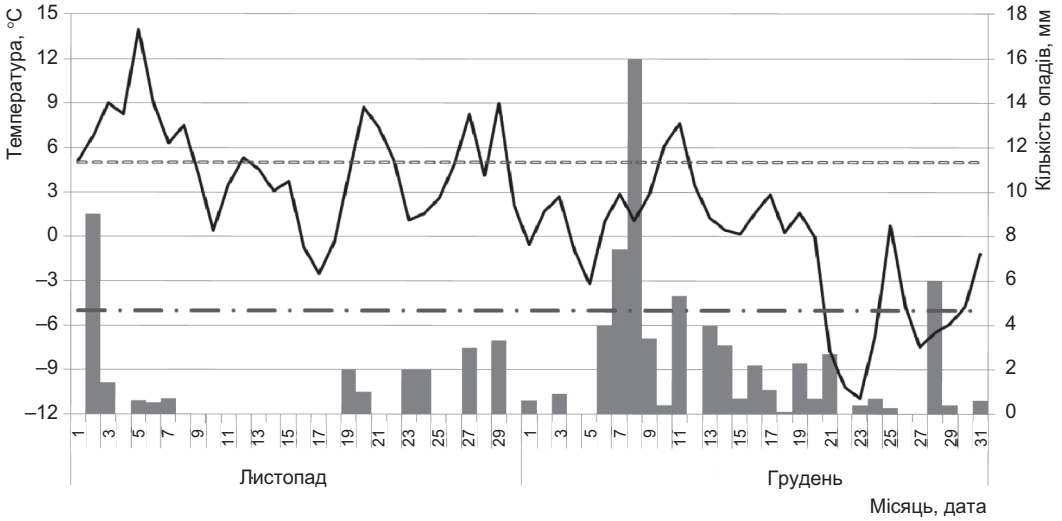

Рис. 4. Гідротермічні умови періоду загартування рослин у 2021 р.: — кількість опадів, мм; — температура, °С; — фаза I загартування; — фаза II загартування

Підводячи підсумки аналізу гідротермічних умов, які склалися при загартуванні рослин, можна дати таку стислу характеристику по кожному року: 2019 р. — несприятливий (різке зниження температури повітря під час проходження фази I загартування, без снігового покриву); 2020 р. — задовільний (рослини загартовувались при температурі повітря, яка відповідає фазі I, з різким її пониженням, сніговий покрив на той час становив 1 см); 2021 р. — відносно сприятливий (в обох фазах загартування рослин температура повітря знижувалась поступово; за подальшого різкого зниження температури був наявний сніговий покрив висотою до 5 см).

За контрастних умов загартування рослин, що склалися протягом 2019–2021 рр., простежується значна мінливість за морозостійкістю між сортами та роками їх досліджень. Так, морозостійкість еталонного сорту Миронівська 808 в зазначені роки варіювала від 56 до 94% (таблиця). Високий рівень морозостійкості у 2019/2020 р. виявив сорт Аврора миронівська (78%), відсоток живих рослин якого за критерієм Фішера перевищував еталонний сорт. На рівні еталона перебували сорти МІП Ассоль (63%), МІП Фортуна (58%), МІП Відзнака (58%), Вежа миронівська (58%), МІП Ювілейна (54%), Естафета миронівська (52%), МІП Ніка (50%).

У 2020/2021 р. рівень стійкості, вищий ніж у еталонного сорту, виявили: МІП Відзнака (93%) та МІП Феєрія (91%), на рівні еталона — МІП Роксолана (84%), Естафета миронівська (82%), Вежа миронівська (79%), МІП Ювілейна (77%), Аврора миронівська (75%), МІП Ніка (73%) та МІП Фортуна (63%). За результатами проморожування в 2021/2022 р. відсоток живих рослин у сортів МІП Фортуна, МІП Відзнака, МІП Ювілейна, Естафета миронівська, Вежа миронівська, МІП Ніка, МІП Феєрія, МІП Роксолана був на рівні еталона Миронівська 808.

Таким чином, в результаті оцінювання на морозостійкість виділено сорти пшениці м'якої озимої — МІП Фортуна, МІП Відзнака, Вежа миронівська, МІП Ювілейна, Естафета миронівська та МІП Ніка, рівень стійкості яких був високий протягом усіх трьох років досліджень.

Аналізуючи морозостійкість сортів за роками, виявили, що в середньому по сортах відсоток живих рослин після проморожування становив у 2019/2020 р. — 51,9%, у 2020/2021 р. — 68,1%, у 2021/2022 р. — 84,4%. Тобто можна вважати, що гідротермічні умови, які склалися у 2021/2022 р., були сприятливими для підвищення морозостійкості рослин.

У результаті проведення досліджень установлено, що вплив погодних умов

Морозостійкість сортів пшениці м'якої озимої після проморожування рослин в ящиках за температури – 18 °С, 2019 – 2022 рр.

Сорт	Кількість живих рослин після проморожування, % ± S_p		
	2019/2020 р.	2020/2021 р.	2021/2022 р.
Миронівська 808 (еталон)	56±5,6	74±4,9	94±2,7
Аврора миронівська	78±4,8**	75±5,1*	57±8,3
МІП Ассоль	63±5,3*	30±5,2	78±5,6
МІП Фортуна	58±5,7*	63±5,5*	95±2,4*
МІП Відзнака	58±5,8*	93±3,4**	95±2,8*
Вежа миронівська	58±5,7*	79±4,5*	92±3,2*
МІП Ювілейна	54±5,7*	77±4,6*	95±2,5*
Естафета миронівська	52±5,5*	82±4,3*	95±2,5*
МІП Ніка	50±5,4*	73±5,0*	84±4,7*
МІП Феєрія	48±5,7	91±3,3**	97±2,1*
МІП Роксолана	47±5,7	84±4,1*	93±3,0*
Грація миронівська	42±5,2	35±4,1	72±5,7
МІП Дарунок	33±4,8	45±5,8	76±4,9
МІП Лада	29±4,6	52±5,5	58±7,6
Середнє	**51,9**	**68,1**	**84,4**

Примітки. *Морозостійкість сорту не відрізняється достовірно від морозостійкості сорту Миронівська 808 за критерієм Фішера. ** Морозостійкість сорту достовірно перевищує морозостійкість сорту Миронівська 808 за критерієм Фішера.

на морозостійкість пшениці м'якої озимої був досить суттєвий. Між відсотком живих рослин після проморожування і середньомісячною температурою впродовж листопада – січня 2019 – 2022 рр. установлено сильну зворотну кореляцію (r = –0,77), що описується рівнянням регресії:

$$y = 5{,}5218 – 0{,}0611x,$$

де у — відсоток живих рослин після проморожування, х — середньомісячна температура повітря впродовж зазначеного періоду.

Таким чином, наші дослідження показали, що несприятливі умови проходження фаз загартування призводять до зниження морозостійкості рослин пшениці озимої. Схожі результати отримали Д.В. Блищик зі співавторами [6] під час дослідження впливу зміни погодних умов в Одеській області на формування морозостійкості рослинами пшениці озимої у 2012 та 2013 рр., які були контрастними за тривалістю першої фази загартування. Результати дослідів свідчать про суттєвий сортовий поліморфізм реакції на тривалість першої фази загартування. Автори дійшли висновку, що перспективним напрямком стабілізації виробництва зерна пшениці озимої є створення сортів, які максимально ефективно використовують лімітовані умови, сприятливі для підготовки до перезимівлі. Дослідниками також виявлено тенденцію до збільшення флуктуацій динаміки та скорочення тривалості сприятливого температурного режиму для проходження фази І загартування рослинами пшениці озимої на Півдні України, що негативно відбивається на формуванні морозостійкості.

Висновки

Дослідження, проведені протягом трьох контрастних за погодними умовами років, підтвердили, що морозостійкість різних сортів пшениці залежить від умов їх загартування. У разі поступового зниження температури повітря загартування рослин проходило значно ефективніше, ніж за різких її коливань. Загалом

за сприятливих умов проходження фаз загартування у 2021/2022 р. відсоток живих рослин після проморожування в середньому по сортах становив 84,4%, за задовільних умов у 2020/2021 р. — 68,1%, а за несприятливих у 2019/2020 р. — 51,9%. Між морозостійкістю і температурним режимом періоду проходження загартування встановлено сильний зворотний кореляційний зв'язок (r = –0,77). Виділено сорти пшениці м'якої озимої, які мали високий рівень стійкості впродовж усіх трьох років досліджень: МІП Фортуна, МІП Відзнака, Вежа миронівська, МІП Ювілейна, Естафета миронівська та МІП Ніка.

Yurchenko T.[1], Pykalo S.[2], Kharchenko M.[3]
V.M. Remeslo Myroniv wheat institute of NAAS, 68 Tsentralna Str., vil. Tsentralne, Obukhiv district, Kyiv oblast, 08853, Ukraine; e-mail: [1]t.yurchenko978@gmail.com, [2]pykserg@ukr.net, [3]michail.kharch@gmail.com; ORCID: [1]0000-0003-0164-4003, [2]0000-0002-3158-3830, [3]0000-0002-4005-2134

Frost resistance of newly created varieties of soft winter wheat of Mironov selection under different hardening conditions

Goal. To study the frost resistance of the newly created soft winter wheat varieties of Myroniv selection under different hardening regimes in the conditions of the central part of the Forest-Steppe of Ukraine and to identify varieties with a consistently high level of resistance. **Methods.** After hardening of plants in the open field according to the standard method, they were subjected to freezing in low-temperature chambers at a temperature of –18°C. The reliability of the obtained data was checked by Fisher's test. **Results.** Research conducted over three years with contrasting weather conditions confirmed that the frost resistance of wheat varieties depended on the conditions of their hardening. In the case of a gradual decrease in air temperature, the hardening process of plants was much more efficient than during its sharp fluctuations. Under favorable conditions for the hardening phases in 2021/2022, the percentage of live plants after freezing was 84.4% on average by variety, under satisfactory conditions in 2020/2021 it was 68.1%, and under unfavorable conditions in 2019/2020 — 51.9%. Frost resistance of the reference variety Myronivska 808 during the years of research varied from 56 to 94%. In 2019/2020 the level of resistance, higher than that of the standard, showed the variety Avrora Myronivska, at the level of the standard — varieties MIP Assol, MIP Fortuna, MIP Vidznaka, Vezha Myronivska, MIP Yuvileina, MIP Myronivska, MIP Nika. In 2020/2021, the varieties MIP Vidznaka and MIP Feieria had higher frost resistance than the standard, MIP Roksolana, Estafeta Myronivska, Vezha Myronivska, MIP Yuvileina, Avrora Myronivska, MIP Nika and MIP Fortuna were at the level of the standard. After freezing in 2021/2022, the percentage of live plants in the varieties MIP Fortuna, MIP Vidznaka, MIP Yuvileina, Estafeta Mironivska, Vezha Myronivska, MIP Nika was almost the same as in the variety Myronivska 808. Between the percentage of live plants after freezing and the temperature regime during the hardening period, a strong inverse correlation was established (r=–0.77). **Conclusions.** For three years of research, the highest level of frost resistance had such soft winter wheat varieties as MIP Fortuna, MIP Vidznaka, Vezha Myronivska, MIP Yuvileina, MIP Myronivska and MIP Nika.

Key words: *Triticum aestivum L., percentage of living plants, weather conditions, air temperature, vegetation year, height of snow cover, tillering node.*
DOI: https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202311-05

Бібліографія

1. *Лукащук Л.Я.* Вплив зміни клімату на продуктивність пшениці озимої залежно від строків сівби. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія «Агрономія і біологія»*. 2012. Вип. 9. С. 91–94.

2. *Каленська С.М., Чубко О.П., Федчук В.Ф.* Використання земельних угідь на основі провадження адаптивних технологій вирощування зернових культур. *Збірник наукових праць Інституту землеробства УААН. Спецвипуск.* 2005. С. 180–190.

3. *Кочмарський В.С., Кириленко В.В., Басанець Г.С.* та ін. Зміна кліматичних умов та адаптивні властивості сучасних сортів пшениці озимої в зоні діяльності Миронівського інституту пшениці. *Фактори експериментальної еволюції організмів*. 2010. Т. 8. С. 154–161.

4. *Польовий А.М., Божко Л.Ю., Дронова О.О.* Аналіз тенденції зміни термічних показників агрокліматичних ресурсів в Україні за період до 2030–2040 рр. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2011. № 9. С. 90–99.

5. *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. doi: 10.1007/s00299-021-02759-5

6. *Блищик Д.В., Польовий А.М., Феоктістов П.О.* Формування морозостійкості рослинами

озимої пшениці під впливом зміни клімату на півдні України. *Культура народів Причорномор'я*. 2014. № 274. С. 211–215.

7. *Кириленко В.В., Волощук С.І., Дубовик Н.С., Близнюк Б.В.* Ретроспективний аналіз погодних умов у зоні діяльності Миронівського інституту пшениці. *Миронівський вісник*. 2016. Вип. 2. С. 87–97. doi: 10.21498/2518-7910.0.2016.119548

8. *Пірич А.В.* Морозостійкість нових сортів пшениці м'якої озимої миронівської селекції. *Миронівський вісник*. 2018. Вип. 7. С. 85–92.

9. *Балабух В.О., Однолєток Л.П., Кривошеїн О.О.* Вплив зміни клімату на продуктивність озимої пшениці в Україні у періоди вегетаційного циклу. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2017. № 3 (46). С. 72–85.

10. *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.

11. *Кириленко В.В., Гуменюк О.В., Дергачов О.Л.* та ін. 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.

12. *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.

13. *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.

14. *Олімпієва О.К.* Механізми морозостійкості рослин. *Студентський науковий вісник [МНАУ]. Сільськогосподарські науки*. 2020. Т. 14. Вип. 1. С. 190–197.

15. *Awasthi R., Bhandari K., Nayyar H.* Temperature stress and redox homeostasis in agricultural crops. *Frontiers in Environmental Science* 2015. V. 3. Is. 11. P. 1–24. doi: 10.3389/fenvs.2015.00011

16. *Kolupaev Yu.E., Karpets Yu.V., Kabashnikova L.F.* Antioxidative system of plants: cellular compartmentation, protective and signaling functions, mechanisms of regulation: review. *Applied Biochemistry and Microbiology*. 2019. V. 55. P. 441–459. doi: 10.1134/S0003683819050089

17. *Kolupaev Y.E., Horielova E.I., Yastreb T.O.* et al. Nitrogen oxide donor enhances cold-induced changes in antioxidant and osmoprotective systems of cereals. *Applied Biochemistry and Microbiology*. 2020. V. 56. P. 219–225. doi: 10.1134/S000368382002009X

18. *Моргун В.В., Майор П.С.* Зимо- і морозостійкість озимих злакових культур. *Фізіологія рослин: Проблеми та перспективи розвитку.* Київ: Логос, 2009. Т. 2. С. 105–165.

19. *Майор П.С., Козіна Г.Я., Сливка Л.В.* Вміст розчинних цукрів у рослинах озимої пшениці протягом осінньо-зимового періоду. *Физиология и биохимия культурных растений*. 2010. Т. 42. № 2. С. 174–182.

20. *Майор П.С.* Взаємозв'язок між вмістом вільного проліну, розчинних цукрів та обводненістю тканин у рослинах озимої пшениці протягом осінньо-зимового періоду. *Физиология и биохимия культурных растений*. 2010. Т. 42. № 4. С. 298–305.

21. *Ghosh U.K., Islam M.N., Siddiqui M.N.* et al. Proline, a multifaceted signalling molecule in plant responses to abiotic stress: understanding the physiological mechanisms. *Plant Biology.* 2022. V. 24. Is. 2. P. 227–239. doi: 10.1111/plb.13363

22. *Hosseinifard M., Stefaniak S., Ghorbani Javid M.* et al. Contribution of exogenous proline to abiotic stresses tolerance in plants: A review. *International J. of Molecular Sciences.* 2022. V. 23. Is. 9. P. 5186. doi: 10.3390/ijms23095186

23. *Пшениця* озима. Метод визначення морозостійкості сортів: ДСТУ 4749:2007. Київ: Держспоживстандарт України, 2008. 8 с.

24. *Chaddock R.E.* Principles and methods of statistics. Boston: Houghton Mifflin Company, 1925. 471 p.

25. *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. Вип. 3. С. 78–85. doi: 10.32846/2306-9716/2023.eco.3-48.12