УДК 633.11:581.1: 58.056:58.084 https://doi.org/10.31867/2523-4544/0359

ДИФЕРЕНЦІАЦІЯ СЕЛЕКЦІЙНИХ ЛІНІЙ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ ОЗИМОЇ ЗА МОРОЗОСТІЙКІСТЮ В УМОВАХ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

Т. В. Юрченко, А. В. Пірич, С. В. Пикало, М. В. Харченко, О. В. Гуменюк
Миронівський інститут пшениці імені В. М. Ремесла НААН, с. Центральне, Обухівський р-н, Київська обл., 08853, Україна

Актуальність. *Пшениця є однією з стратегічних та незамінних сільськогосподарських культур. Для отримання високих врожаїв необхідно створювати високоадаптивні сорти пшениці озимої. Регіональні кліматичні флуктуації істотно впливають на ріст і розвиток рослин, тому важливим є врахування їх стійкості до абіотичних стресорів. Метеорологічні умови в осінньо-зимовий період є визначальними для відмінної перезимівлі озимих культур.* ***Мета.*** *Провести диференціацію селекційних ліній пшениці м'якої озимої за морозостійкістю в умовах Лісостепу України та виявити вплив температурного режиму повітря під час загартування на формування рівня цієї ознаки у рослин.* ***Матеріали і методи.*** *Дослідження проводили у 2021–2024 рр. у Миронівському інституті пшениці імені В. М. Ремесла НААН України. Досліджували 17 селекційних ліній пшениці м'якої озимої конкурсного випробування. За еталон використовували сорт Миронівська 808. Після загартування рослин на відкритому майданчику визначали їх морозостійкість методом проморожування в камерах КНТ-1 за температури -18 °С. Достовірність отриманих даних перевіряли за критерієм Фішера.* ***Результати.*** *Отримані дані впродовж трьох років досліджень засвідчили про вплив температурного режиму у період загартування рослин пшениці м'якої озимої на формування їх морозостійкості. Різкі коливання температури повітря, зміна їх добових значень від плюсових до мінусових удень та вночі призводили до порушення умов загартування, у результаті чого знижувалася морозостійкість рослин. За сприятливих умов загартування у 2021/22 та 2022/23 рр. морозостійкість становила 96 % та 89 % відповідно. За незадовільних умов 2023/24 р. кількість живих рослин відмічено на рівні 67 %. Визначено коефіцієнт кореляції між відсотком живих рослин після проморожування та середньою температурою повітря у період проходження фаз загартування (r=-0,99). Виділено лінію Лютесценс 60873, морозостійкість якої за три роки досліджень відмічено на рівні або вище сорту-еталону.* ***Висновки.*** *Лінія Лютесценс 60873 може слугувати цінним вихідним матеріалом для подальшого селекційного вдосконалення культури. Отримані результати орієнтовані на розвиток розуміння реакцій рослин на зміну температур осінньо-зимового періоду, що дасть можливість об'єктивно характеризувати рівень адаптивності перспективних генотипів пшениці озимої та прогнозувати їхню поведінку у відповідних екологічних умовах.*

Ключові слова: *пшениця м'яка озима, селекційні лінії, морозостійкість, температура повітря, загартування рослин.*

Вступ. Пшениця є однією з стратегічних та незамінних сільськогосподарських культур [1]. Клімат останніх років характеризується стрімкими змінами погодних умов із значними коливаннями кількості опадів та температури [5]. Такі зміни істотно впливають на ріст та розвиток рослин і вимагають вивчення реакції сортів пшениці на негативну дію факторів середовища [2]. На сьогоднішньому етапі необхідно вести селекцію для створення сортів, які мають високий рівень стійкості до несприятливих чинників довкілля [3, 4]. Відмічається, що гідротермічний режим суттєво впливає на врожайність

Інформація про авторів:
Юрченко Тетяна Василівна, *кандидат с.-г наук, старший дослідник, завідувачка відд. біотехнології, генетики і фізіології,* e-mail: t.yurchenko978@gmail.com, https://orcid.org/0000-0003-0164-4003
Пірич Аліна Володимирівна, *кандидат с.-г наук, науковий співробітник відд. біотехнології, генетики і фізіології,* e-mail: agronomic24@gmail.com, https://orcid.org/0000-0003-2312-9774
Пикало Сергій Володимирович, *кандидат біологічних наук, старший дослідник, провідний науковий співробітник відд. біотехнології, генетики і фізіології,* e-mail: pykserg@ukr.net, https://orcid.org/0000-0002-3158-3830
Харченко Михайло Володимирович, *кандидат с.-г наук, науковий співробітник відд. біотехнології, генетики і фізіології,* e-mail: michail.kharch@gmail.com, https://orcid.org/0000-0002-4005-2134
Гуменюк Олександр Володимирович, *кандидат с.-г наук, старший дослідник, завідувач лаб. селекції озимої пшениці,* e-mail: alexgymenyk@ukr.net, https://orcid.org/0000-0002-1147-088X

пшениці озимої впродовж всього вегетаційного періоду, але саме метеорологічні умови в осінньо-зимовий період є визначальними для відмінної перезимівлі озимих культур [5, 6]. Одним із основних несприятливих факторів природного середовища, який впливає на перезимівлю рослин пшениці озимої, є вимерзання [7]. Вважається, що для набуття високої зимо- морозостійкості рослини повинні проходити дві фази загартовування. Перша фаза проходить за денної температури повітря від 8 до 10 °С, а нічної – від 0 до 4 °С. Під час цієї фази відбувається активне нагромадження цукрів, як захисних речовин. Друга фаза відбувається тоді, коли середньодобова температура становить від 0 до -5 °С. Проходження цієї фази можливе навіть під сніговим покривом без освітлення [8]. Тривалість першої фази загартування рослин пшениці становить від 12 діб до 12–14 тижнів [9, 10]. Зазначається, що за більшої тривалості першої фази загартування (30–40 діб) відбувається зниження морозостійкості, а подовження тривалості зимового періоду взагалі знижує зимостійкість рослин пшениці озимої [11, 12]. Науковці відмічають, що на даний час потребує вдосконалення методика селекції пшениці озимої щодо морозостійкості рослин і способи запобігання зниження їх толерантності в період відлиг, а також швидкість і ступінь відновлення стану рослин при поверненні морозів. На теперішній час питання стійкості рослин проти дії низьких мінусових температур, з'ясування і реалізація генетичного потенціалу щодо морозостійкості є релевантними [13–15]. Удосконалення існуючих та розроблення нових методичних підходів до оцінки морозостійкості при селекції зернових культур залишається актуальним завданням сучасних наукових досліджень [16, 17].

Мета досліджень – провести диференціацію селекційних ліній пшениці м'якої озимої за морозостійкістю в умовах Лісостепу України та виявити вплив температурного режиму повітря під час загартування на формування рівня цієї ознаки у рослин.

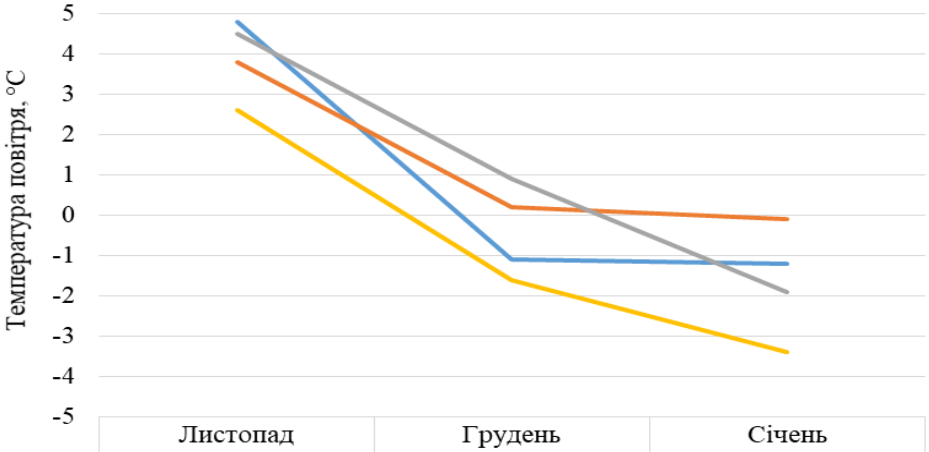
Матеріали та методи. Дослідження проводили у 2021–2024 рр. у відділі біотехнології, генетики і фізіології Миронівського інституту пшениці імені В. М. Ремесла (МІП). Матеріалом для досліджень слугували 17 селекційних ліній пшениці м'якої озимої конкурсного випробування лабораторії селекції озимої пшениці. За еталон використовували сорт Миронівська 808. Морозостійкість рослин визначали за ДСТУ 4749:2007 [18] з використанням методу проморожування в камерах низьких температур КНТ-1, який передбачає проведення досліджень за наступною 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 три рядки сорту-еталону. Після сівби ящики розміщували на відкритому майданчику за природних умов для проходження рослинами двох фаз загартування. Догляд за рослинами полягав у систематичному їх поливі. Проморожування селекційного матеріалу проводили у першу декаду січня та розпочинали з температури, яка відповідала навколишньому середовищу, і щогодини знижували її на 2 °С до заданого значення. Для оцінювання морозостійкості використовували температуру -18 °С. 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.

Для характеристики температурного режиму у період загартування рослин було проведено визначення середньоденної (6:00, 9:00, 12:00, 15:00) та середньонічної (18:00, 21^{00}, 00:00, 03:00) температури повітря за період від 10 листопада до 15 грудня включно. Охоплений період в сукупності становить 36 діб і є передбачуваним часом проходження двох фаз загартування.

Достовірність отриманих даних перевіряли за критерієм Фішера. Розрахунок рівняння регресії та обчислення коефіцієнта кореляції здійснювали із застосуванням програми Microsoft Excel. Для інтерпретації ко-

ефіцієнта кореляції Пірсона (r) використали шкалу Чеддока [19]: 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 та обговорення. Аналіз температурних умов осінньо-зимового періоду років досліджень засвідчив наявність кліматичних змін під час осінньої вегетації пшениці, які характеризувалися підвищенням середньомісячної температури повітря та її різкими коливаннями (рис. 1).



	Листопад	Грудень	Січень
2021/22	4,8	-1,1	-1,2
2022/23	3,8	0,2	-0,1
2023/24	4,5	0,9	-1,9
середня баготорічна	2,6	-1,6	-3,4

Рис. 1 Характеристика температурного режиму осінньо-зимового періоду 2021/22–2023/24 рр.

За роки досліджень припинення осінньої вегетації пшениці озимої відмічено у листопаді (2021 р. – 23 листопада, 2022 р. – 15 листопада, 2023 р. – 16 листопада). Середньомісячна температура повітря цього місяця становила від 3,8 (2022 р.) до 4,8 °С (2021 р.). У 2021 р. середньодобова температура нижче 0 °С відмічена з 16 по 18 листопада і її значення було -0,4 – -2,5 °С. У 2022 р. такий перехід відмічено 18, 20 та 30 листопада зі значенням -0,3 – -0,6 °С. У 2023 р. після припинення вегетації (16 листопада) температурний режим характеризувався різкими коливаннями температури повітря. Зниження середньодобової температури відмічено з 19 по 23 листопада (від -1,4 до -3,1 °С), з 26 по 28 листопада (-1,3 – -3,4 °С) та 30 листопада (-2,2 °С). Середня багаторічна температура повітря грудня дорівнювала -1,6 °С, проте у роки досліджень спостерігали дещо вищі її значення, які становили -1,1 °С (2021/22 р.), 0,6 °С (2022/23 р.) та 0,9 °С (2023/24 р.). Такий температурний режим вказує на ймовірність подовження І фази загартування рослин у 2023/24 р. Середньомісячна температура повітря у січні була від -0,1 °С до -1,9 °С, у той же час, коли середній багаторічний показник становив -3,4 °С.

Відповідно до зазначеної теорії загартування рослин, було проведено визначення середньоденної та середньонічної температури повітря за період від 10 листопада до 15 грудня включно (рис. 2). Цей період у 2021/22 р. характеризувався відносно високими показниками температури повітря, у деякі дні вона становила більше 10 °С. Зниження температури повітря нижче 0 °С відбувалося двічі, однак після цього знову відзначали поступове підвищення температури як удень, так і вночі.

Температурний режим періоду загартування 2022/23 р. мав мінливий характер, відбувалося чергування поступового зниження та підвищення температури повітря (рис. 3). На 32 добу відмічено підвищення температури повітря вдень до 9,0 °С та вночі – до 8,3 °С, після чого відмічали пониження її до -4,0 °С. Загалом 2021/22 та 2022/23 рр. можна охарактеризувати як такі, що мали задовільні умови для проходження І та ІІ фаз загартування рослин, оскільки середня температура повітря вдень та вночі мали однаковий характер, тобто

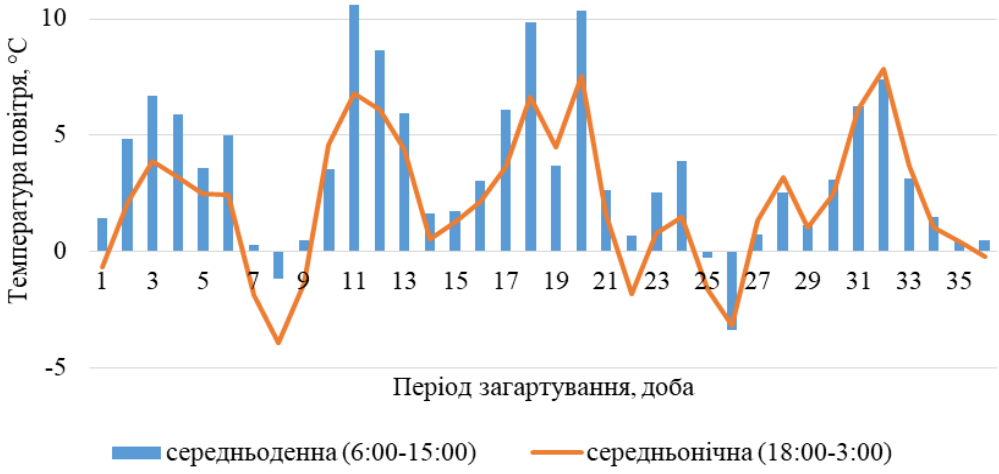


Рис. 2 Середньоденна та середньонічна температура повітря за період загартування.

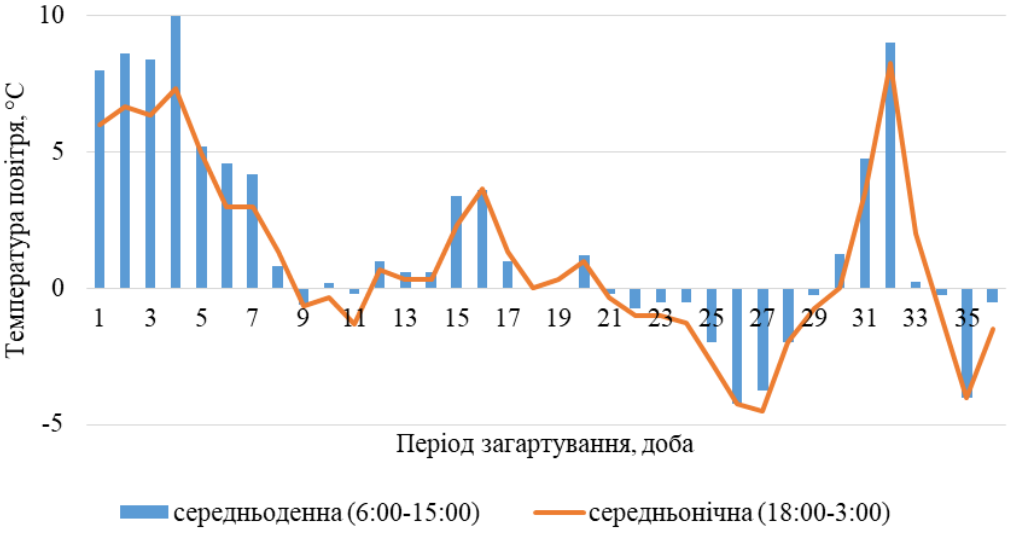


Рис. 3 Характеристика температурного режиму в період загартування пшениці м'якої озимої 2022/23 р.

були плюсовими або мінусовими.

У 2023/24 р. відмічено перепади температури повітря за добу (рис. 4). З 10 по 14 добу (19–23 листопада) періоду загартування, сере-

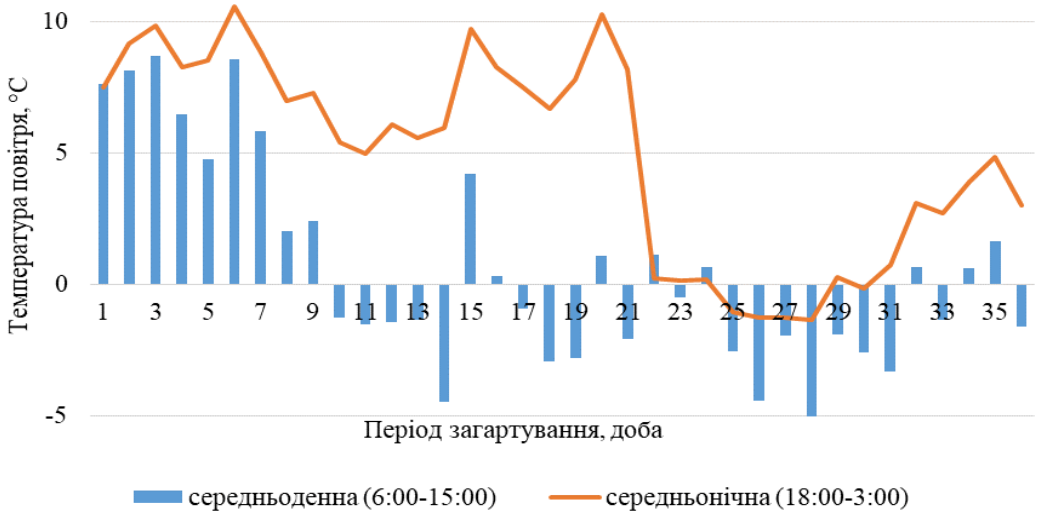


Рис. 4 Характеристика температурного режиму в період загартування пшениці м'якої озимої 2023/24 р.

дньоденна температура повітря становила від -1,3 до -4,5 °С, а середньонічна – від -5,0 до -6,0°С. Порушення температурного режиму спостерігали впродовж усього періоду досліджень.

Як зазначалося вище, для визначення морозостійкості використовували метод, за якого загартування рослин проходило за природних умов. Виявлено, що найвищий рівень морозостійкості рослини ліній пшениці озимої сформували за температурних умов 2021/22 р. (96 %), а найнижчий 67 % – у 2023/24 р. Виділено ряд ліній, морозостійкість яких достовірно була на рівні сорту-еталону: Еритроспермум 60724, Лютесценс 60181, Лютесценс 60729, Лютесценс 60874, Лютесценс 60766 (табл. 1).

Таблиця 1. Морозостійкість ліній пшениці м'якої озимої конкурсного випробування за проморожування при температурі -18 °С

Назва сорту-еталону та селекційної лінії	Кількість (% ± s_p) живих рослин		
	2021/22 р.	2022/23 р.	2023/24 р.
Миронівська 808 – сорт еталон	95±2,6	86±4,6	78±5,4
Еритроспермум 60724	99±1,2*	89±4,3*	84±4,7*
Лютесценс 60873	97±2,1*	100±0,0**	81±5,5*
Лютесценс 60702	100±0,0**	77±5,6*	81±5,0*
Лютесценс 60181	97±2,0*	82±5,0*	76±5,5*
Лютесценс 60355	100±0,0**	90±4,3*	73±5,6*
Еритроспермум 60899	94±2,7*	98±1,9**	73±5,6*
Лютесценс 60734	100±0,0**	79±5,4*	72±5,6*
Лютесценс 60729	99±1,1*	90±4,0*	68±6,0*
Лютесценс 60874	99±1,1*	84±4,9*	68±5,8*
Лютесценс 60896	82±4,4	91±3,9*	66±7,2*
Лютесценс 60766	95±2,5*	93±3,4*	64±6,9*
Лютесценс 60510	97±2,0*	95±3,0*	61±6,2
Лютесценс 60430	97±2,1*	97±2,2**	59±6,2
Еритроспермум 60793	99±1,2*	78±5,4*	58±6,2
Лютесценс 60412	99±1,2*	75±5,7*	56±6,4
Лютесценс 60879	78±4,8	97±2,2**	55±7,3
Лютесценс 60680	97±2,0*	95±2,9*	41±6,2
Середнє	96	89	67

*Примітка: *Достовірно не відрізняється від еталону (за критерієм Фішера), **достовірно вище за еталон.*

Також виділено лінії, в яких відсоток живих рослин після проморожування в один рік був вищий, а в інші – на рівні сорту-еталону: Лютесценс 60873 (81–100 %), Еритроспермум 60899 (73–98 %), Лютесценс 60734 (72–100 %). У інших ліній кількість живих рослин після проморожування становила 41–97 % й достовірно не відрізнялася або була вищою за показник сорту-еталону за сприятливих умов загартування (2021/22 та 2022/23 рр.). Відібрано лінію Лютесценс 60873, морозостійкість якої за три роки досліджень була на рівні або вище за сорт-еталон.

Визначено коефіцієнт кореляції між відсотком живих рослин після проморожування та середньою температурою повітря у період проходження фаз загартування (r= -0,99), який вказує на дуже сильний зворотний зв'язок між вказаними показниками. Коефіцієнт кореляції засвідчує вплив температурного режиму у період загартування рослин на формування їх морозостійкості. У попередніх наших дослідженнях встановлено, що у разі поступового зниження температури повітря загартування рослин відбувалося значно ефективніше, ніж за різких її коливань [20]. Рівняння регресії підтверджує, що з підвищенням температури повітря у період загартування рослин знижується їх морозостійкість (рис. 5).

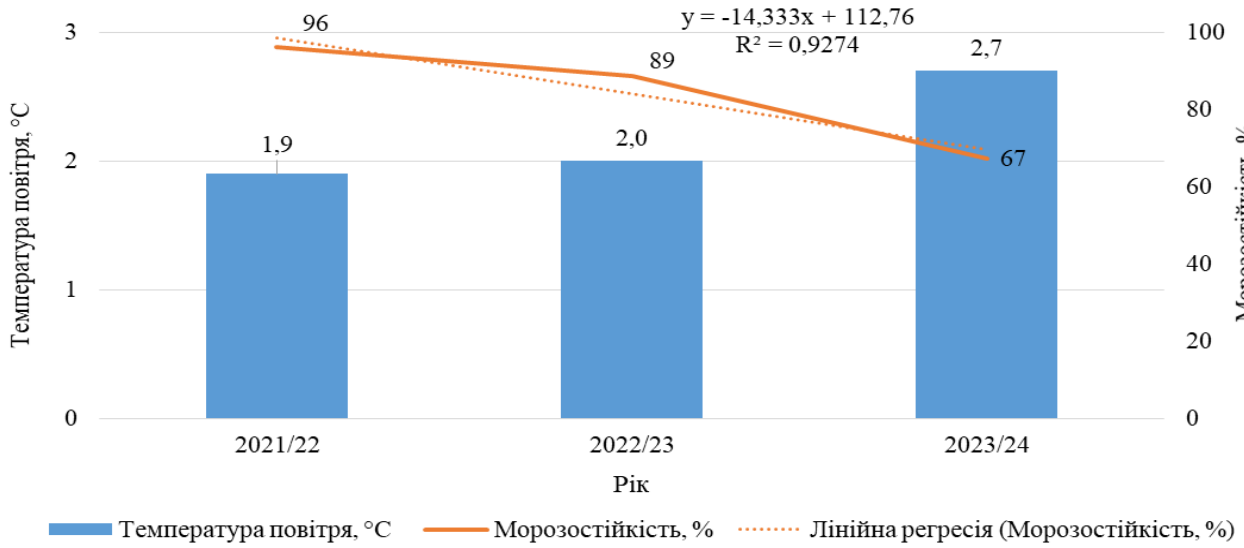


Рис. 5 Морозостійкість рослин пшениці озимої при -18 °С залежно від температурних умов в осінньо-зимовий період (листопад, грудень) 2021/22–2023/24 рр.

Висновки. Отримані дані впродовж трьох років досліджень засвідчили вплив температурного режиму у період загартування рослин пшениці м'якої озимої на формування їх морозостійкості. Різкі коливання температури повітря, зміна їх добових значень від плюсових до мінусових удень та вночі призводили до порушення умов загартування, в результаті чого знижувалася морозостійкість рослин. За сприятливих умов загартування 2021/22 р. та 2022/23 рр. морозостійкість становила 96 % та 89 % відповідно. За несприятлих умов 2023/24 р., кількість живих рослин відмічена на рівні 67 %. Визначено коефіцієнт кореляції між відсотком живих рослин після проморожування та середньою температурою повітря у період проходження ними фаз загартування (r=-0,99). Виділено лінію Лютесценс 60873, рівень морозостійкості якої, за три роки досліджень, був на рівні або вище за сорт-еталон. Ця лінія може слугувати цінним вихідним матеріалом для подальшого селекційного вдосконалення культури. Отримані результати орієнтовані на розвиток розуміння реакцій рослин на зміну температур осінньо-зимового періоду, це дасть можливість об'єктивно характеризувати рівень адаптивності перспективних генотипів пшениці озимої і прогнозувати їхню поведінку у відповідних екологічних умовах.

Використана література

1. Мусієнко Л. А., Науменко А. В., Стрілецький А. М., Веретко В. С. Пшениця озима – основна зернова культура. *Science and technology: problems, prospects and innovations:* Proceedings of the 4th Intern. scie. pract. conf. (January 18-20, 2023). CPN Publishing Group, Osaka, Japan, 2023. P. 16–18. https://sci-conf.com.ua/wp-content/uploads/2023/01/SCIENCE-AND-TECHNOLOGY-PROBLEMS-PROSPECTS-AND-INNOVATIONS-18-20.01.23.pdf
2. 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 міжнар. наук.-практ. конф. міжнар. форуму (м. Миколаїв, 27-28 травня 2021 р.). Миколаїв, 2021. С. 85–88. https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/10157
3. Bai H., Xiao D., Wang B. et al. Simulation of wheat response to future climate change based on coupled model inter-comparison project phase 6 multi-model ensemble projections in the North China Plain. *Frontiers in Plant Science*. 2022. V. 13. 829580. doi: 10.3389/fpls.2022.829580
4. Дутова Г. А. Оцінка продуктивності пшениці озимої в межах кваліфікаційної експертизи на придатність до поширення. *Проблеми використання, збереження та відтворення ґрунтів в умовах сталого розвитку агросфери*: збірник тез міжнар. наук. конф. (м. Кам'янець-Подільський, 05 грудня 2022 р.). Кам'янець-Подільський, 2022. С. 139–142. http://188.190.43.194:7980/jspui/bitstream/123456789/10726/1/139-142.pdf
5. Лось Р. М., Кириленко В. В., Гуменюк О. В., Дубовик Н. С. Реакція перспективних сортів пшениці озимої за урожайністю на умови вирощування. *Зер-*

нові культури. 2022. Т. 6, № 2. С. 91–99. doi: 10.31867/2523-4544/0237
6. Nikolova D., Petrova T., Mihova G. Frost resistance of winter common wheat varieties under different hardening conditions. *Bulgarian Journal of Crop Science*. 2021. V. 58, No. 3. P. 34–41. https://cropscience-bg.org/page/en/details.php?article_id=919
7. Хоменко Л. О., Шередеко Л. М. Післядія критичних температур вимерзання в залежності від сорту пшениці озимої. *Селекція і насінництво*. 2012. Вип. 101. С. 214–222. doi: 10.30835/2413-7510.2012.59760
8. Крижанівський В. Г., Святий Д. І., Науменко В. П., Король М. В. Умови перезимівлі та урожайність пшениці озимої. *Селекційно-генетична наука і освіта (Парієві читання)*: матеріали XII Міжнар. наук. конф. (м. Умань, 20–22 березня 2023 р.). Умань, 2023. С. 125–127. https://genetics.udau.edu.ua/assets/files/01.01.2021-2022-konferen-parievi-chitannya/parievi-chitannya-10.05.2023.pdf
9. Польовий А. М., Божко Л. Ю., Барсукова О. А., Гончар К. В. Вплив агрокліматичних умов на перезимівлю озимої пшениці у Вінницькій області. *Селекція, генетика та технології вирощування сільськогосподарських культур:* матеріали XI міжнар. наук.-практ. конф. молодих вчених і спеціалістів (с. Центральне, 21 квітня 2023 р.). Центральне, 2023. С. 103. http://confer.uiesr.sops.gov.ua/miron2023
10. Федорова Н. А. Зимостійкість і врожайність озимої пшениці. Київ: Урожай, 1972. 259 с.
11. Костюкєвич Т. К., Колосовська В. В., Данілова Н. В. Вплив заморозків на умови вирощування рослин за кліматичних змін сьогодення та майбутнього. In: *Current aspects of the development of science and technology: collective monograph*. Tabachnikov S. (Ed.); GS publishing service: California, USA, 2022; pp. 12–17.http://eprints.library.odeku.edu.ua/id/eprint/11046
12. Мостіпан М. І. Виживаність рослин пшениці озимої впродовж вегетації в північному Степу України. *Тенденції та виклики сучасної аграрної науки в умовах війни: теорія і практика. Присвячена 125-річчю кафедри рослинництва НУБІП України*: матеріали V міжнар. наук.-практ. онлайн конф. (м. Київ, 25-27 жовтня 2023 р.). Київ, 2023. С. 165–168. https://dglib.nubip.edu.ua/handle/123456789/10649
13. Базалій В. В., Домарацький Є. О., Базалій Г. Г. та ін. Наукові основи селекції озимої пшениці на агроекологічну адаптивність. Миколаїв: МНАУ, 2024. С. 63–64
14. Ferrante A., Cullis B. R., Smith A. B., Able J. A. A multi-environment trial analysis of frost susceptibility in wheat and barley under australian frost-prone field conditions. *Frontiers in Plant Science*. 2021. V. 12. 722637. doi: 10.3389/fpls.2021.722637
15. Штакал М., Голик Л., Левченко О.та ін. Оцінювання сортів і ліній пшениці озимої за стабільною врожайністю та адаптивністю в умовах зміни клімату Лісостепу. *Вісник аграрної науки.* 2022. Т. 100, № 3. С. 62–69. doi: 10.31073/agrovisnyk202203-08
16. 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. http://utgis.org.ua/journals/index.php/Faktory/article/view/426
17. Демидов О. А., Гудзенко В. М., Хоменко Л. О. Оптимізація підходів щодо оцінки морозостійкості селекційного матеріалу ячменю озимого. *Миронівський вісник.* 2016. Вип. 2. С. 56–68. doi: 10.21498/2518-7910.0.2016.119540
18. Пшениця озима. Метод визначення морозостійкості сортів: ДСТУ 4749:2007. Київ: Держспоживстандарт України, 2008. 8 с.
19. Chaddock R. E. Principles and methods of statistics. Boston: Houghton Mifflin Company, 1925. 471 p.
20. Юрченко Т. В., Пикало С. В., Харченко М. В. Морозостійкість новостворених сортів пшениці м'якої озимої миронівської селекції за різних умов загартування. *Вісник аграрної науки.* 2023. Т. 101, № 11. С.35–43. doi: 10.31073/agrovisnyk 202311-05

References

1. Musienko, L. A., Naumenko, A. V., Striletskyi, A. M., Veretko, V. S. (2023). *Pshenytsia ozyma – osnovna zernova kultura* [Winter wheat – the main grain crop]. *Science and technology: Problems, prospects and innovations: Proceedings of the 4th intern. sci. pract. conf.* (pp. 16–18). January 18–20, 2023. CPN Publishing Group, Osaka, Japan. https://sci-conf.com.ua/wp-content/uploads/2023/01/SCIENCE-AND-TECHNOLOGY-PROBLEMS-PROSPECTS-AND-INNOVATIONS-18-20.01.23.pdf. [in Ukrainian]
2. Samets, N. P., Hrytsevych, Yu. S., Voronchak, M. V. (2021). *Otsinka zminy klimatu na tryvalist periodiv vehetatsii ta spokoiu pshenytsi ozymoi* [Assessment of climate change on the duration of vegetation and dormancy periods of winter wheat]. *Stratehiia intehratsii ahrarnoi osvity, nauky, vyrobnytstva: hlobalni vyklyky prodovolchoi bezpeky ta zmin klimatu: dopovidi uchasnykiv mizhnar. nauk. konf. mizhnar. forumu* [Proceedigns of the *Strategy of integration of agricultural education, science, production: global challenges of food security and climate change:* intern. sci. pract. conf. of the intern. forum]. (pp. 85–88). May 27–28, 2021. Mykolaiv. Ukraine. https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/10157. [in Ukrainian]
3. Bai, H., Xiao, D., Wang, B., Liu, D. L., Tang, J. (2022). Simulation of wheat response to future climate change based on coupled model inter-comparison project phase 6 multi-model ensemble projections in the North China Plain. *Frontiers in Plant Science, 13*, 829580. doi: 10.3389/fpls.2022.829580
4. Dutova, H. A. (2022). *Otsinka produktyvnosti pshenytsi ozymoi v mezhakh kvalifikatsiinoi ekspertyzy na prydatnist do poshyrennia* [Assessment of winter wheat productivity in the qualification testing for distribution suitability]. *Problemy vykorystannia, zberezhennia ta vidtvorennia hruntiv v umovakh staloho rozvytku ahrosfery: zbirnyk tez mizhnar. nauk. konf.*

[Proceedigns of the *Problems of utilization, conservation and reproduction of soils under conditions of sustainable development of the agrosphere:* intern. sci. conf.]. (pp. 139–142). December 05, 2022. Kamianets-Podilskyi. Ukraine. http://188.190.43.194:7980/jspui/bitstream/123456789/10726/1/139-142.pdf. [in Ukrainian]

5. Los, R. M., Kyrylenko, V. V., Humeniuk, O. V., Dubovyk, N. S. (2022). Yield response of promising winter wheat varieties to growing conditions. *Zernovi kultury* [Grain Crops], *6 (2),* 91–99. doi: 10.31867/2523-4544/0237. [in Ukrainian].
6. Nikolova, D., Petrova, T., Mihova, G. (2021). Frost resistance of winter common wheat varieties under different hardening conditions. *Bulgarian Journal of Crop Science, 58 (3),* 34–41. https://cropscience-bg.org/page/en/details.php?article_id=919
7. Khomenko, L. O., Sheredeko, L. M. (2012). Aftereffect of critical freezing temperatures depending on winter wheat variety. *Selektsiia i nasinnitstvo* [Plant Breeding and Seed Production], *101*, 214–222. doi: 10.30835/2413-7510.2012.59760. [in Ukrainian]
8. Kryzhanivskyi, V. H., Sviatyi, D. I., Naumenko, V. P., Korol, M. V. (2023). *Umovy perezymivli ta urozhaitnist pshenytsi ozymoi* [Overwintering conditions and yield of winter wheat]. *Selektsiino-henetychna nauka i osvita (Pariievi chytannia): materialy XII mizhnar. nauk. konf.* [Proceedigns of the *Overwintering conditions and yield of winter wheat (Pariy's Readings):* 12th intern. sci. conf.]. (pp. 125–127). March 20–22, 2023. Uman. Ukraine. https://genetics.udau.edu.ua/assets/files/01.01.2021-2022-konferen-parievi-chitannya/parievi-chitannya-10.05.2023.pdf. [in Ukrainian]
9. Polovyi, A. M., Bozhko, L. Yu., Barsukova, O. A., Honchar, K. V. (2023). *Vplyv ahrokli-matychnykh umov na perezymivliu ozymoi pshenytsi u Vinnytskii oblasti* [Influence of agro-climatic conditions on the overwintering of winter wheat in Vinnytsia region]. *Selektsiia, henetyka ta tekhnolohii vyroshchuvannia silskohospodarskykh kultur: materialy XI mizhnar. nauk.-prakt. konf. molodykh vchenykh i spetsialistiv* [Proceedigns of the *Breeding, genetics and growing technology for agricultural crops:* 11th intern. appl. sci. conf. of young scientists and experts]. (p. 103). April 21, 2023. Tsentralne. Ukraine. http://confer.uiesr.sops.gov.ua/miron2023. [in Ukrainian]
10. Fedorova, N. A. (1972). *Zymostiikist i vrozhainist ozymoi pshenytsi* [Frost resistance and yield of winter wheat]. Kyiv: Urozhai. [in Ukrainian]
11. Kostiukevych, T. K., Kolosovska, V. V., Danylova, N. V. (2022). *Vplyv zamorozkiv na umovy vyroshchuvannia roslyn za klimatychnykh zmin* [Effect of frost on plant growing conditions under current and future climate change]. In S. Tabachnikov (Ed.). *Current aspects of the development of science and technology: Collective monograph* (pp. 12–17). GS publishing service, California, USA. http://eprints.library.odeku.edu.ua/id/epring/11046. [in Ukrainian]
12. Mostipan, M. I. (2023). *Vyzhyvanist roslyn pshenytsi ozymoi vprodovzh vehetatsii v pivnichnomu Stepu Ukrainy* [Survival of winter wheat plants during the growing season in the northern Steppe of Ukraine]. *Tendentsii ta vyklyky suchasnoi ahrarnoi nauky v umovakh viiny: teoriia i praktyka. Prystviachena 125-richchiu kafedry roslynnytstva NUBiP Ukrainy: materialy V mizhnar. nauk.-prakt. onlain konf.* [Proceedigns of the *Trends and challenges of modern agricultural science in wartime: theory and practice. Dedicated to the 125th anniversary of the Department of Crop Production of NUBiP of Ukraine:* 5th intern. sci. pract. online conf.]. (pp. 165–168). October 25–27, 2023. Kyiv. https://dglib.nubip.edu.ua/handle/123456789/10649. [in Ukrainian]
13. Bazalii, V. V., Domaratskyi, Ye. O., Bazalii, H. H., Korkhova, M. M., Larchenko, O. V., Kyrychenko, N. V., Panfilova, A. V. (2024). *Naukovi osnovy selektsii ozymoi pshenytsi na ahroekolohichnu adaptivnist* [Scientific foundations of winter wheat breeding for agroecological adaptability]. (pp. 63–64). Mykolaiv: MNAU. [in Ukrainian]
14. Ferrante, A., Cullis, B. R., Smith, A. B., Able, J. A. (2021). A multi-environment trial analysis of frost susceptibility in wheat and barley under Australian frost-prone field conditions. *Frontiers in Plant Science, 12*, 722637. doi: 10.3389/fpls.2021.722637
15. Shtakal, M., Holyts, L., Levchenko, O., Shpakovych, I., Ivashchenko, S. (2022). Assessment of winter wheat varieties and lines for yield stability and adaptability under climate change in the Forest-Steppe zone. *Visnyk ahrarnoi nauky* [Bulletin of Agricultural Science], *100* (3), 62–69. doi: 10.31073/agrovisnyk202203-08 [in Ukrainian]
16. Kyrylenko, V. V., Humeniuk, O. V., Derhachov, O. L., Dubovyk, N. S., Blyzniuk, B. V., Khomenko, S. O. (2015). Methods to improve frost resistance of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) in conditions of Forest-Steppe of Ukraine. *Faktory eksperymentalnoi evoliutsii orhanizmiv* [Factors in Experimental Evolution of Organisms], *16*, 120–124. http://utgis.org.ua/journals/index.php/Faktory/article/view/426. [in Ukrainian]
17. Demydov, O. A., Hudzenko, V. M., Khomenko, L. O. (2016). Optimization of approaches for assessing frost resistance in winter barley breeding material. *Myronivskyi visnyk* [Myronivka bulletin], *2*, 56–68. doi: 10.21498/2518-7910.0.2016.119540. [in Ukrainian]
18. *Pshenytsia ozyma. Metody vyznachannia morozostiikosti sortiv: DSTU 4749:2007* [Winter Wheat. Method for Frost Resistance Determination of Varieties: State Standard 4749:2007]. (2008). Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy. [in Ukrainian]
19. Chaddock, R. E. (1925). Principles and methods of statistics. Boston, Houghton Mifflin Company.
20. Yurchenko, T. V., Pykalo, S. V., Kharchenko, M. V. (2023). Frost resistance of newly created soft winter wheat varieties of Myronivka breeding under various hardening conditions. *Visnyk ahrarnoi nauky* [Bulletin of Agricultural Science], *101 (11),* 35–43. doi: 10.31073/agrovisnyk202311-05. [in Ukrainian]

UDC 633.11:581.1: 58.056:58.084

Yurchenko, T. V., Pirych, A. V., Pykalo, S. V., Kharchenko, M. V., Humeniuk, O. V. Differentiation of bread winter wheat breeding lines by frost hardiness in the Forest-Steppe of Ukraine.

Grain Crops. 2025. 9 (1). 40–48.

The V.M. Remeslo Myronivka Institute of Wheat NAAS, Tsentralne village, Obukhiv district, Kyiv region, 08853, Ukraine

Topicality. Wheat is one of the most strategic and indispensable agricultural crops. High yields require the development of highly adaptive winter wheat varieties. Regional climatic fluctuations significantly affect plant growth and development, which makes it essential to consider plant resistance to abiotic stressors. Meteorological conditions during the autumn-winter period are crucial for the successful overwintering of winter crops. **Purpose.** To differentiate breeding lines of bread winter wheat by frost hardiness under conditions of Forest-Steppe and to identify the influence of air temperature during the hardening period on the development of this trait in plants. **Materials and methods.** The studies were carried out at the V. M. Remeslo Myronivka Institute of Wheat NAAS of Ukraine. A total of 17 bread winter wheat breeding lines from competitive trials were studied. The Myronivska 808 variety was used as a standard. After the plants were hardened in open field conditions, their frost hardiness was determined using the freezing method in KNT-1 low-temperature chambers at -18 °C. The reliability of the data was verified using Fisher's criterion. **Results.** The data obtained over three years of research confirmed that the air temperature regime during the hardening period of bread winter wheat plants influenced the formation of their frost hardiness. Sharp fluctuations in air temperature, changes in their daily values from positive to negative during the day and at night led to a violation of hardening conditions, which resulted in a decrease in frost hardiness of plants. The favourable hardening conditions in 2021/22 and 2022/23 resulted in frost hardiness of 96 % and 89 %, respectively. Under unfavourable conditions in 2023/24, the survival rate of plants was recorded at 67 %. A correlation coefficient (r = -0.99) between the percentage of surviving plants after freezing and the average air temperature during the hardening period was determined. Over the three years of research, Latescence 60873 line was identified by the level of frost hardiness, which was at the level or higher than the standard variety. **Conclusions.** Lutescens 60873 line is recommended as a valuable initial material for further breeding improvement of the crop. The obtained results are aimed at enhancing the understanding of plant responses to temperature fluctuations during the autumn-winter period, which will allow for an objective characterization of the adaptability level of promising winter wheat genotypes and enable forecasting of their performance under specific environmental conditions.

Key words: *bread winter wheat, breeding lines, frost hardiness, air temperature, plant hardening.*