УДК 633.11:581.1:58.056:58.009 https://doi.org/10.31867/2523-4544/0307

ОЦІНКА ПОСУХОСТІЙКОСТІ СОРТІВ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ ОЗИМОЇ ІНОЗЕМНОЇ СЕЛЕКЦІЇ У ЦЕНТРАЛЬНОМУ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

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

Актуальність. *Озима пшениця є однією з основних продовольчих культур в Україні і світі. Створення нових сортів пшениці м'якої озимої з комплексним поєднанням ознак та їх високими значеннями на сьогодні є актуальним та має перспективу стабілізувати ринок екологічно-безпечного продовольчого зерна в Україні.* ***Мета.*** *Встановити селекційну цінність 15 сортозразків пшениці м'якої озимої різного еколого-географічного походження за посухостійкістю в умовах центральної частини Лісостепу України та виділити джерела стійкості до водного дефіциту.* ***Матеріали і методи.*** *Дослідження проводили у 2020–2022 рр. у Миронівському інституті пшениці імені В. М. Ремесла НААН України. За стандарт використовували сорт Подолянка. Досліджували 15 сортозразків пшениці м'якої іноземної селекції. Для вивчення зразків за реакцією їх на посуху застосовували індексний підхід. Оцінку посухостійкості у лабораторних умовах проводили шляхом пророщування насіння на розчинах сахарози за осмотичного тиску 16 атм та визначенням інтенсивності виходу електролітів з рослинних тканин при дії стресора.* ***Результати.*** *Метеорологічні умови років досліджень значно відрізнялись за температурним режимом та вологозабезпеченістю як взагалі за вегетаційний період, так і за окремими фазами розвитку рослин. Урожайність зразків змінювалася від 2,84 до 4,96 т/га у посушливому (2021/2022 рр.) та від 4,54 до 6,72 т/га – в оптимальному (2020/2021 рр.) за волого забезпеченням. Аналіз отриманих даних показав, що середній рівень урожайності у посушливому році на 1,53 т/га був нижчий порівняно з оптимальним. При визначенні рівня посухостійкості методом пророщування насіння на розчині сахарози виявлено, що серед сортозразків у 2021/22 році вегетації до групи високостійких увійшли три зразки, решта 12 – до середньостійких. У 2020/21 р. всі зразки були віднесені до групи середньостійких. За показником інтенсивності виходу електролітів з тканин листків рослин у всіх сортозразків виявлено високу стійкість до посухи. З використанням комплексу індексів та лабораторних методів оцінювання виділено джерела посухостійкості пшениці NE 06545, Алия, Altigo, Витор, MV Lepeny, Bodycek, Fotima.* ***Висновки.*** *Виділені генотипи можуть слугувати як вихідний селекційний матеріал при створенні нових конкурентоспроможних сортів з цінними практичними властивостями. Отримані результати є певним внеском у вивчення як теоретичних, так і практичних аспектів посухостійкості пшениці та можуть застосовуватися як елементи селекційних програм.*

Ключові слова: *пшениця м'яка озима, сорт, урожайність, посухостійкість, індекси, джерела посухостійкості*

Вступ. За прогнозами ООН чисельність населення продовжуватиме зростати і становитиме 9,7 мільярдів у 2050 році [1]. Існування і розвиток людства тримається на стабільному й різносторонньому забезпеченні продуктами рослинництва та підтриманні здорового довкілля [2]. Пшениця м'яка озима (*Triticum aestivum* L.) є однією з основних продовольчих культур в Україні і світі. Очікується безперервне зростання попиту на пшеницю, який буде, в основному, задоволений за рахунок збільшення її врожайності [3–5].

Як відомо, сорт є одним із найбільш дешевих та доступних засобів підвищення врожайності будь-якої культури. Однак, створення сортів з високим потенціалом урожайності повинно бути пропорційно пов'язане з їх адаптивними властивостями протистояти

Інформація про авторів:
Харченко Михайло Володимирович, *канд. с.-г. наук, науковий співробітник відд. біотехнології, генетики і фізіології,* e-mail: michail.kharch@gmail.com, https://orcid.org/0000-0002-4005-2134
Юрченко Тетяна Василівна, *канд. с.-г. наук, завідувачка відд. біотехнології, генетики і фізіології,* e-mail: t.yurchenko978@gmail.com https://orcid.org/0000-0003-0164-4003
Пикало Сергій Володимирович, *канд. біологічних наук, старший науковий співробітник відд. біотехнології, генетики і фізіології,* e-mail: pykserg@ukr.net, https://orcid.org/0000-0002-3158-3830
Василюк Валерій Петрович, *здобувач ступеня доктора філософії,* e-mail: bioenergy.ua@ukr.net, https://orcid.org/0009-0008-5510-8867

впливу стресових чинників навколишнього середовища [7].

Пшениця та продукти її переробки становлять суттєву основу харчового раціону людства. Разом з тим, ця культура є досить чутливою до нестачі вологи у ґрунті [8]. Серед природних чинників, що найбільш негативно впливають на всі фізіологічні процеси росту і розвитку рослин є водний дефіцит, викликаний посухою [9]. В останні роки інтенсивна посуха в Україні відзначається у період активного росту рослин, гальмування якого спричиняє зменшення площі асимиляційної поверхні листкового апарату, розмірів стебла, репродуктивних органів, що призводить до зниження продуктивності рослин, і в свою чергу, урожайності [10]. Тому створення нових сортів пшениці м'якої озимої з комплексним поєднанням господарсько-цінних ознак на сьогодні є актуальним та має перспективу стабілізувати ринок екологічно-безпечного продовольчого зерна в Україні. Урахування особливостей погодних умов конкретного регіону дасть можливість отримати достовірні дані щодо їх відповідності вимогам вирощування озимини та ідентифікувати сорти з високою екологічною пластичністю, які здатні меншою мірою реагувати на коливання умов зовнішнього середовища.

Мета досліджень – використовуючи різні методи досліджень вивчити сортозразки пшениці м'якої озимої різного еколого-географічного походження на посухостійкість в умовах центральної частини Лісостепу України та виділити джерела стійкості до водного дефіциту.

Матеріали та методи. Дослідження проводили у польових умовах Миронівського інституту пшениці імені В. М. Ремесла (МІП). Матеріалом для дослідження слугували 15 сортозразків пшениці м'якої озимої закордонної селекції: Ания, Алия, Дербес (Казахстан), Витор, Balitus, Lukullus (Австрія), MV Pengo, MV Lucia, MV Lepeny (Угорщина), Altigo, Bodycek, Бордотка RAGT (Франція), Fotima, NE 06545, BC 01131-24 (Туреччина). За стандарт використовували сорт пшениці м'якої озимої Подолянка. Сівбу проводили з 5 по 10 жовтня з нормою висіву 250–300 насінин на 1 м^2. Попередник – чорний пар. Розміщення ділянок систематичне, облікова площа ділянки – 1 м^2, міжряддя – 15 см, ширина між ділянками – 30 см. У польових умовах фенологічні спостереження та обліки проводили відповідно до загальноприйнятої методики [11]. Збирали врожай вручну. Для характеристики сприятливості умов середовища та формування продуктивності вираховували гідротермічний коефіцієнт (ГТК), який визначали за методикою Г. Т. Селянінова [12]. З метою досліджень сортів за реакцією на посуху застосоввували індексний підхід [13]. Було обчислено наступні показники: індекс сприйнятливості до посухи: SSI = (1–Ys/Yp)/(1–Ȳs/Ȳp), індекс толерантності: TOL = Yp–Ys, середня урожайність: MP = (Yp+Ys)/2, індекс стабільності урожаю: YSI = Ys/Yp, індекс урожайності: YI = Ys/Ȳs×100, індекс толерантності до стресу: STI = (Yp×Ys)/(Ȳp)^2, середнє геометричне (середнє пропорційне) урожайності: GMP = √(Yp×Ys), де Ys – урожайність сорту під впливом посухи; Yp – урожайність сорту в оптимальних умовах; Ȳs – середня урожайність всіх сортів під впливом посухи; Ȳp – середня урожайність всіх сортів в оптимальних умовах. Серед років досліджень років було обрано два контрастних вегетаційних роки – 2021/22 р. – посушливий: ГТК протягом року становив 0,80 (слабка посуха), та 2020/21 р. – оптимальний: ГТК становив 1,03 (достатньо вологий). Оцінку сортозразків за посухостійкістю проводили у лабораторних умовах двома методами: пророщування насіння на розчинах сахарози за осмотичного тиску 16 атм та методом визначення інтенсивності виходу електролітів з рослинних тканин за дії стресового фактору [14]. Реакцію рослин на водний дефіцит і підвищення температури методом визначення інтенсивності виходу електролітів вивчали на VI (стеблування) етапі органогенезу. В проведених дослідженнях за показник посухостійкості використовували виміри виходу електролітів з листків після підсушування до втрати 50 % ваги. Розподіл на групи за відсотком пророслого насіння проводили за градацією: високостійкі > 70 %, середньостійкі 20–70 %, слабостійкі < 20 %. За другого методу розподіл був протилежний, чим нижчий відносний показник інтенсивності виходу електролітів з тканин листків, тим вищий рівень стійкості до посухи. Так, зразки, які мали відсоток виходу електролітів менше 60 %, відносили до групи високостійких, 61–80 % –

середньостійких, 81–100 % – слабостійких. Статистичну достовірність відмінностей між отриманими даними оцінювали за допомогою критерію Фішера [15].

Результати та обговорення. Сівбу пшениці озимої восени 2020 р. провели за досить посушливих умов. Сума опадів за вересень становила 21,3 мм, що на 35,3 мм менше за середній багаторічний показник (рис. 1).

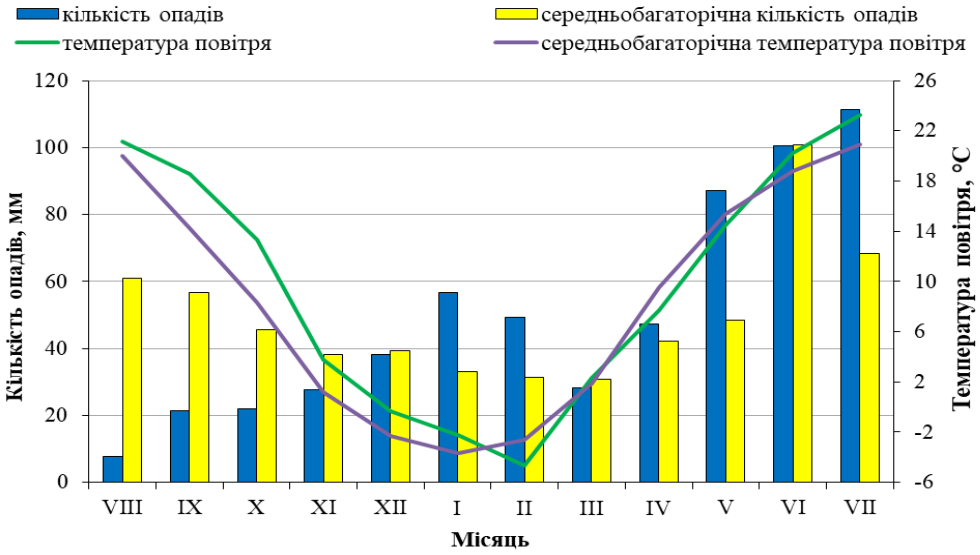

Рис. 1 Гідротермічні умови впродовж вегетаційного періоду 2020/21 р.

Температура повітря з серпня по жовтень перевищувала середні багаторічні значення на 1,1–5,0 ºС. Нестача вологи в жовтні та листопаді становила 23,7 мм і 10,6 мм. ГТК у серпні, вересні та жовтні становив 0,12, 0,38 та 0,80 відповідно.

Припинення вегетації рослин у 2020 р. було відмічене 11 листопада разом із переходом температури повітря через +5 °С (за середньодобової температури +4,4 ºС) в сторону зниження. Загалом, зима 2020/21 р. була помірною, лише в лютому відмічена середня температура повітря нижча за середньобагаторічну (-4,7 ºС). Максимальна висота снігового покриву впродовж зимового періоду сягала 32–35 см. 26 березня 2021 р. відновилася вегетація озимини. У квітні температура повітря була на 1,8 ºС нижча за середній багаторічний показник, а у липні – на 2,4 ºС перевищувала його. У травні відмічали надмірне вологозабезпечення, де перевищення кількості опадів порівняно з середньобагаторічними нормами становило 38,6 мм. Так, за період від відновлення вегетації до кінця липня сума опадів становила 346,1 мм, або 134,8 % від середнього багаторічного показника (256,7 мм). Температурний максимум (33,5 °С) спостерігали 24 червня. Гідротермічний коефіцієнт у квітні становив 0,16, у травні, червні, липні – 1,82, 1,66, 1,54 відповідно.

Сіяли пшеницю озиму восени 2021 р. за досить посушливих умов. Так, сума опадів за вересень становила 18,7 мм, що на 37,9 мм менше за середній багаторічний показник (рис. 2).

Температура повітря з серпня по жовтень несуттєво відрізнялася від середньобагаторічних значень. Нестача вологи у жовтні та листопаді становила 27,8 мм і 12,6 мм відповідно. ГТК у серпні, вересні становив 1,39 та 0,16 відповідно.

9 листопада 2021 р. відбувся перехід температури повітря через +5 °С у сторону зниження (за середньодобової температури +4,1 ºС), відбулося перше припинення вегетації озимини. 20 листопада за чергової зміни погодних умов відбулось відновлення вегетації озимих культур, а 23 листопада – остаточне її припинення, це на 12 діб пізніше, ніж у минулому році.

Зима 2021/22 р. була помірною – у січні та лютому середньомісячні температури повітря були вищими на 2,5 ºС і 4,3 ºС відповідно, порівняно з середньобагаторічними показниками. Температурний мінімум за зимовий період становив -16,8 ºС. Максимальна висота снігового покриву – 3–5 см. 21 берез-

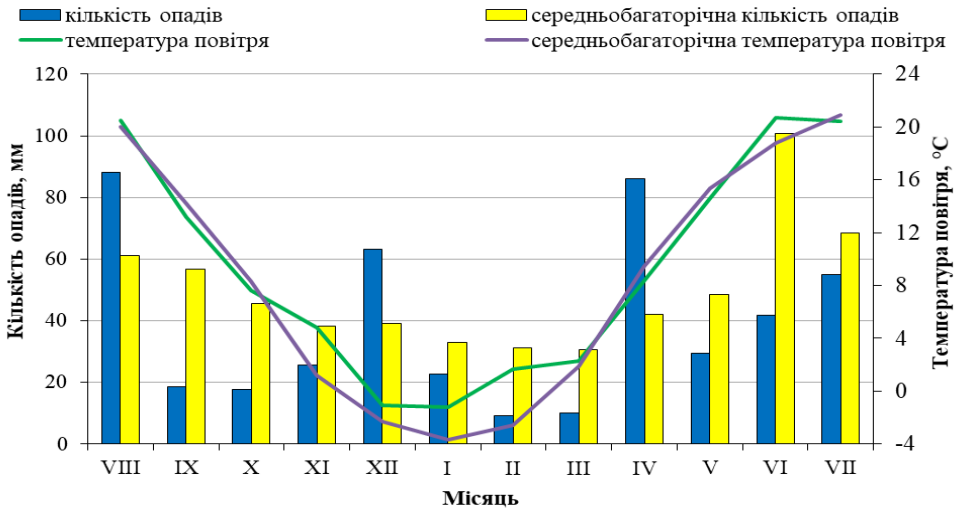

Рис. 2 Гідротермічні умови впродовж вегетаційного періоду 2021/22 р.

ня 2022 р. було відмічене відновлення вегетації озимини. У квітні та травні середня температура повітря була нижчою за середній багаторічний показник на 1,1 ºС та 0,8 ºС відповідно, а у червні перевищила його на 1,9 ºС. У квітні спостерігали надмірне вологозабезпечення – перевищення кількості опадів від середнього багаторічного показника становило 43,9 мм. Проте у подальшому, з травня по липень, спостерігали досить гострий дефіцит опадів, особливо це відчутно було у червні – лише 41,7 мм (середньобагаторічний показник – 100,8 мм). ГТК становив у квітні 0,28, у травні, червні, липні – 0,65, 0,67, 0,87 відповідно.

Результати досліджень безпосередньо залежали від погодних умов та урожайності, яку формували сортозразки за оптимальних умов та недостатнього забезпечення ґрунту вологою. Аналіз отриманих даних засвідчив, що середній рівень урожайності у посушливому (2021/22 р.) на 1,53 т/га був нижчий порівняно з оптимальним (2020/21 р.), у результаті втрати урожайності становили близько 26,5 %. Урожайність зразків варіювала від 2,84 до 4,96 т/га – в посушливому, та від 4,54 до 6,72 т/га – в оптимальному роках (рис. 3).

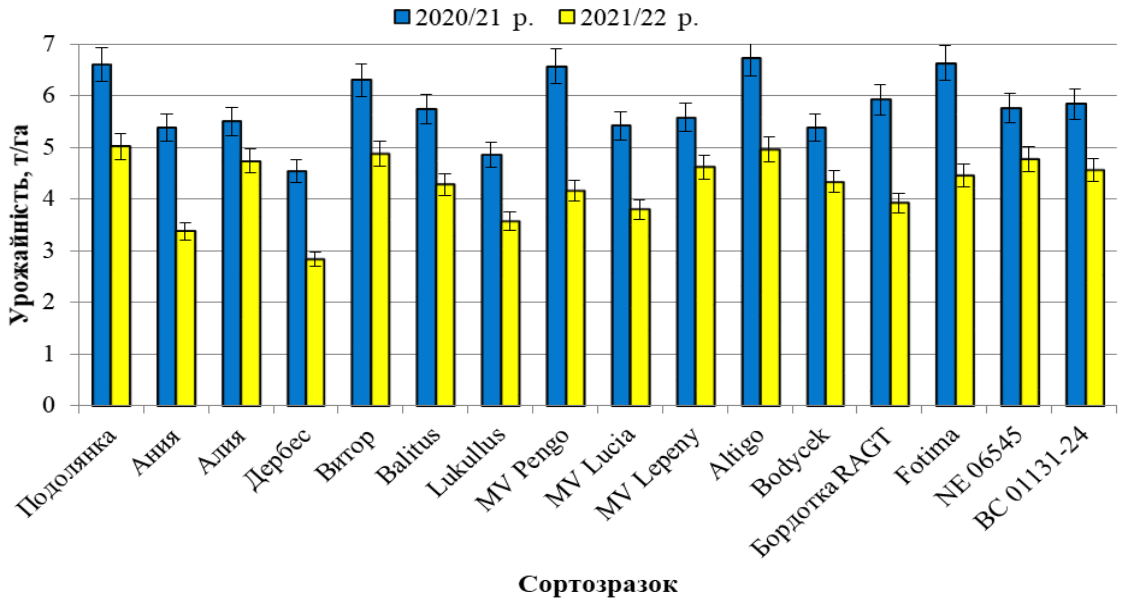

Рис. 3 Урожайність сортозразків пшениці м'якої озимої в посушливий (2021/22 р.) та оптимальний (2020/21 р.) вегетаційні періоди.

Найбільшу урожайність у посушливому році сформували зразки Altigo (4,96 т/га), Витор (4,87 т/га), NE 06545 (4,77 т/га) та Алия (4,74 т/га). Проте їх урожайність не перевищила стандарт Подолянка (5,02 т/га). В оптимальному році порівняно зі стандартом високий рівень урожайності відзначено у сортів Altigo (6,72 т/га) та Fotima (6,63 т/га).

За показниками урожайності проаналізовано ряд індексів, які характеризують рівень посухостійкості зразків (табл. 1).

Таблиця 1. Характеристика сортозразків пшениці м'якої озимої за індексами посухостійкості, (2020–2022 рр.)

Сортозразок	SSI	TOL	MP	YSI	YI	STI	GMP
Ания	1,41	2,00	4,38	0,63	79	0,54	4,26
Алия	0,52	0,76	5,12	0,86	111	0,78	5,11
Дербес	1,42	1,70	3,69	0,63	67	0,38	3,59
Витор	0,86	1,43	5,59	0,77	114	0,91	5,54
Balitus	0,97	1,46	5,01	0,75	100	0,73	4,96
Lukullus	1,00	1,28	4,22	0,74	84	0,52	4,17
MV Pengo	1,39	2,41	5,37	0,63	97	0,81	5,23
MV Lucia	1,13	1,62	4,61	0,70	89	0,61	4,54
MV Lepeny	0,65	0,96	5,10	0,83	108	0,77	5,08
Altigo	0,99	1,76	5,84	0,74	116	0,99	5,77
Bodycek	0,73	1,04	4,86	0,81	102	0,69	4,83
Бордотка RAGT	1,28	2,00	4,92	0,66	92	0,69	4,82
Fotima	1,24	2,17	5,55	0,67	104	0,88	5,44
NE 06545	0,65	0,99	5,27	0,83	112	0,82	5,24
ВС 01131-24	0,83	1,28	5,20	0,78	107	0,79	5,16
Подолянка	0,91	1,58	5,81	0,76	118	0,99	5,76

Примітка: *SSI – індекс сприйнятливості до посухи, TOL – індекс толерантності до посухи, MP – середня урожайність, YSI – індекс стабільності урожаю, YI – індекс урожайності, STI – індекс толерантності до стресу, GMP – середнього геометричного урожайності*

Індекс сприйнятливості до посухи – SSI характеризує наскільки зразок чутливий до впливу посухи, тому чим менший його показник, тим більший рівень посухостійкості зразка [13]. Серед вивчених сортозразків найменший рівень сприйнятливості до посухи виявили Алия, MV Lepeny, NE 06545 та Bodycek. Найбільш сприйнятливими виявилися сорти Дербес, Ания, MV Pengo. Розмах варіювання SSI між зразками становив від 0,52 до 1,42, що свідчить про різну реакцію генотипів до дії посухи.

Індекс толерантності до посухи – TOL показує втрату урожайності під впливом посухи в абсолютних одиницях [13]. Посухостійкість зразків збільшується за низьких показників цього індексу. Розмах варіювання даного показника становив від 0,76 до 2,41. За результатами аналізу виявлено, що найменші втрати урожаю під дією посухи мають зразки: Алия, MV Lepeny, NE 06545, Bodycek, які виділились і за SSI індексом. Сорти MV Pengo, Fotima, Ания, Бордотка RAGT мали значно більший показник, що, в свою чергу, показує на більші втрати їх урожаю в умовах стресового фактора.

Середня урожайність – MP зразка у посушливі та оптимальні роки характеризує його потенційну урожайність [13]. Розмах варіювання цього індексу у зразків склав від 3,69 до 5,84. За даним показником виділено сорти – Altigo, Витор, Fotima, MV Pengo, які здатні формувати високу урожайність за різних погодних умов. Найменше значення MP було у сортів Дербес, Lukullus, Ания, що свідчить про їх чутливість до зміни погодних умов.

Індекс стабільності урожаю – YSI характеризує відношення урожайності в умовах стресу до урожайності в оптимальних умовах [13]. Коливання даного індексу було в межах 0,63–0,86. Найвищий рівень стабільності виявили зразки Алия, MV Lepeny, NE 06545, Bodycek, найменший – Ания, Дербес, MV Pengo.

Індекс урожайності – YI характеризує

відсоток урожайності конкретного зразка у посушливих умовах до середньої урожайності досліджених сортозразків у період посухи [13]. Діапазон коливання даного показника знаходився від 67 до 116. Найбільш урожайними в посушливих умовах вирощування за цим індексом були зразки Altigo, Витор, NE 06545, Алия, найменш – Дербес, Ания та Lukullus.

Індекс толерантності до стресу – STI характеризує здатність зразка утримувати стабільний рівень урожайності незалежно від стресових факторів [13]. Розмах варіювання за даним індексом становив 0,38–0,99. Стабільно високий рівень урожайності виявлено у зразків Altigo, Витор, Fotima, NE 06545. Сорти Дербес, Lukullus та Ания проявили чутливість до впливу посухи, що призвело до коливань урожайності у роки досліджень.

Розмах варіювання середнього геометричного урожайності GMP в посушливому та оптимальному роках коливався від 3,59 до 5,77. За максимальним та мінімальним значенням цього індексу виділились ті ж сорти, що й за STI.

При визначенні рівня посухостійкості методом пророщуванням насіння на розчині сахарози при 16 атм виявлено, що серед сортозразків пшениць, що досліджувалися і тільки у 2021/22 р. до групи високостійких увійшли три зразки, а 12 – до середньостійких (табл. 2). Проте за критерієм Фішера стійкість на рівні стандарту Подолянка мали чотири зразки – Fotima (76 %), Altigo (73 %), Bodycek (70 %), ВС 01131-24 (67 %).

Слід відмітити, що за рівнем стійкості у

Таблиця 2. Рівень відносної посухостійкості сортозразків пшениці м'якої озимої, (2020–2022 рр.)

Походження	Кількість (% ± s_p) пророслого насіння, P = 16 атм		Відносний показник інтенсивності виходу електролітів з тканин листків, %	
	2020/21 р.	2021/22 р.	2020/21 р.	2021/22 р.
Ания	44±5,0	52±5,0	28,2	26,5
Алия	56±5,1	65±4,9	34,6	41,9
Дербес	54±5,1	57±5,1	35,5	36,9
Витор	37±4,9	34±4,8	38,7	40,8
Balitus	54±5,1	52±5,1	40,7	40,6
Lukullus	41±5,1	45±5,1	32,7	23,9
MV Pengo	39±5,0	42±5,0	37,8	42,0
MV Lucia	40±4,9	49±5,1	30,1	42,5
MV Lepeny	35±4,8	44±5,0	28,2	38,5
Altigo	64±5,0*	73±4,5*	44,0	41,8
Bodycek	61±5,0	70±4,6*	32,8	34,9
Бордотка RAGT	41±5,1	43±5,0	42,1	40,0
Fotima	63±4,9*	76±4,3*	42,2	45,7
NE 06545	52±5,0	59±5,0	30,7	39,7
ВС 01131-24	53±5,0	67±4,7*	25,0	30,5
Подолянка	72±4,5	74±4,4	44,0	46,2

*Примітка: *достовірно не відрізняється від стандарту (за критерієм Фішера), **достовірно вище стандарту.*

2020/21 р. всі зразки були віднесені до групи середньостійких. На рівні стандарту виявлено два сорти Altigo (64 %) та Fotima (63 %). Таким чином, за результатами досліджень спостерігаєлася наступна тенденція – насіння, отримане у 2020/21 р. (оптимальні умови), за дії стресового чинника мало відсоток пророслого насіння дещо нижчий, порівняно з насінням, відібраним у 2021/22 в. р. (посушливі озимої під впливом стресового чинника, виумови).

Показник інтенсивності виходу електролітів з тканин листків вегетуючих рослин при зневодненні відображає порушення колоїдно-осмотичних властивостей цитоплазми, які, перш за все, позначаються у збільшенні її проникності, і має зворотній зв'язок із посухостійкістю [14]. Аналізуючи вихід електролітів з листків рослин пшениці м'якої явлено високу стійкість до посухи всіх сор-

тозразків що досліджувалися. Найнижчий відносний показник інтенсивності виходу електролітів з тканин листків за 2020/21 та 2021/22 рр. відмічено у зразків: ВС 01131-24 (25,0 та 30,5 %), Ания (28,2 та 26,5 %), MV Lepeny (28,2 та 38,5 %), Lukullus (32,7 та 23,9 %), що свідчить про високий рівень стійкості вказаних зразків до посухи на даному етапі органогенезу.

За результатами проведеної оцінки в лабораторних умовах двома методами на різних етапах розвитку детально досліджено матеріал і отримано більш повну характеристику щодо стійкості сортозразків до посухи. Встановлено, що зразки на початкових етапах розвитку більш чутливі до нестачі вологи в ґрунті, ніж на етапі стеблування.

Висновки. Метеорологічні умови 2020/21 та 2021/22 років досліджень значно відрізнялись за температурним режимом і вологозабезпеченістю як взагалі за вегетаційний період, так і за окремими фазами розвитку рослин. За використання комплексу індексів та лабораторних методів оцінки виділено джерела посухостійкості пшениці м'якої озимої NE 06545, Алия, Altigo, Витор, MV Lepeny, Bodycek, Fotima. Ці генотипи можуть слугувати вихідним селекційним матеріалом при створенні нових конкурентоспроможних сортів з цінними практичними властивостями. Представлені результати дослідження сприятимуть ефективнішому використанню протестованих сортозразків пшениці як у рослинництві, так і в селекційній практиці. Вони є певним внеском у вивчення як теоретичних, так і практичних аспектів посухостійкості пшениці та можуть застосовуватися як елементи селекційних програм.

Використана література

1. Dorling D. World Population Prospects at the UN: Our Numbers Are Not Our Problem? In *The Struggle for Social Sustainability*. Policy Press: Bristol, UK, 2021; pp. 129–154. doi: 10.51952/9781447356127.ch007.
2. Сергєєва І. Л., Рябчун В. К., Кузьмишина Н. В., Богуславський Р. Л. Становлення та сьогодення національного генбанку рослин в умовах воєнного часу. *Вісник аграрної науки*. 2023. Т. 101. №. 6. С. 38–47. doi: 10.31073/agrovisnyk202306-05.
3. Мащенко Ю. В., Кулик Г. А., Трикіна Н. М., Малаховська В. О. Урожайність пшениці озимої у сівозмінах степу залежно від систем удобрення та біопрепарату. *Аграрні інновації*. 2023. № 18. С. 77–83. doi: 10.32848/agrar.innov.2023.18.11.
4. Mousavi S. R., Jahandideh Mahjenabadi V. A., Khoshru B., Rezaei M. Spatial prediction of winter wheat yield gap: agro-climatic model and machine learning approaches. *Frontiers in Plant Science*. 2024. V. 14. 1309171. doi: 10.3389/fpls.2023.1309171.
5. Neumann K., Verburg P. H., Stehfest E., Müller C. The yield gap of global grain production: a spatial analysis. *Agricultural Systems.* 2010. V. 103, Iss. 5. P. 316–326. doi: 10.1016/j.agsy.2010.02.004.
6. Моцний І. І., Соломонов Р. В., Кривенко А. І. Стійкість інтрогресивних ліній пшениці м'якої озимої проти дії посухи. *Селекційно-генетична наука і освіта:* матеріали XII Міжнародної наукової конференції (20–22 березня 2023 р.). Умань, 2023. С. 160.
7. Базалій В. В., Домарацький Є. О., Ларченко О. В. Сучасний сортовий склад пшениці м'якої озимої та параметри його екологічної стійкості за різних умов вирощування (огляд літератури). *Таврійський науковий вісник. Сільськогосподарські науки.* 2018. № 104. Р. 9–15.
8. Прядкіна Г. О., Махаринська Н. М., Соколовська-Сергієнко О. Г. Вплив посухи на фотосинтетичні показники рослин пшениці. *Фізіологія рослин і генетика*. 2022. Т. 54, № 6. С. 463–483. doi: 10.15407/frg2022.06.463
9. Livneh B., Badger A. M. Drought less predictable under declining future snowpack. *Nat. Clim. Chang.* 2020. V. 10. P. 452–458. doi: 10.1038/s41558-020-0754-8.
10. Жук О. І., Стасик О. О. Вплив умов посухи на ріст та врожайність озимої пшениці у посіві. *Біологічні дослідження – 2023:* за матеріалами XIV Всеукраїнської науково-практичної конференції (м. Житомир, 10–11 жовтня 2023 р.). Житомир, 2023. С. 11–13.
11. Вовкодав В. В. Методика державного сортовипробування сільськогосподарських культур. Київ, 2000. 100 с.
12. Селянинов Г. Т. Методика сельскохозяйственной характеристики климата. *Мировой агроклиматический справочник* / за ред. И. А. Гольцберг, С. А. Сапожникова. Ленинград/Москва: Гидрометеоиздат, 1937. С. 5–29.
13. Пикало С. В., Демидов О. А., Юрченко Т. В. та ін. Індексний підхід для добору посухостійких сортів пшениці в умовах нестійкого клімату. *Екологічні науки*. 2020. № 2 (29). С. 157–164. doi: 10.32846/2306-9716/2020.eco.2-29.2.24.
14. Пикало С., Демидов О., Юрченко Т. та ін. Методи оцінки посухостійкості селекційного матеріалу пшениці. *Вісник Львівського університету. Серія біологічна.* 2020. Вип. 82. С. 63–79. doi: 10.30970/vlubs.2020.82.05.
15. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд. доп. и перераб. Москва: Агропромиздат, 1985. 352 с.

References

1. Dorling, D. (2021). World population prospects at the UN: our numbers are not our problem? In: *The Struggle for Social Sustainability: Moral Conflicts in Global Social Policy*. Policy Press; 129–154. doi: 10.51952/9781447356127.ch007.
2. Serhieieva, I., Riabchun, V., Kuzmyshyna, N., Bohuslavskyi, R. (2023). Formation and present-day of the National gene-bank of plants in wartime conditions. *Visnyk ahrarnoi nauky* [Bulletin of Agricultural Science], *101 (6).* 38–47. doi: 10.31073/agrovisnyk202306-05 [in Ukrainian].
3. Mashchenko, Yu. V., Kulyk, G. A., Trykina, N. M., Malakhovska, V. O. (2023). Yield of winter wheat in steppe crop rotations depending on fertilizer systems and biological product. *Ahrarni innovatsii* [Agrarian Innovations], *18*. 77–83. doi: 10.32848/agrar.innov. 2023.18.11 [in Ukrainian].
4. Mousavi, S. R., Jahandideh Mahjenabadi, V. A., Khoshru, B., Rezaei, M. (2024). Spatial prediction of winter wheat yield gap: agro-climatic model and machine learning approaches. *Frontiers in Plant Science*, *14*. 1309171. doi: 10.3389/fpls.2023.1309171.
5. Neumann, K., Verburg, P. H., Stehfest, E., Müller, C. (2010). The yield gap of global grain production: a spatial analysis. *Agricultural Systems*, *103 (5).* 316–326. doi: 10.1016/j.agsy.2010.02.004.
6. Motsnyy, I. I., Solomonov, R. V., Kryvenko, A. I. (2023). *Stiikist introhresyvnykh linii pshenytsi miakoi ozymoi proty dii posukhy* [Resistance of introgressive lines of bread winter wheat against drought]. *Selektsiino-henetychna nauka i osvita: materialy XII mizhnar. nauk. konf.* Proceedings of the *Selection and genetic science and education*: XII intern. sci. conf. (p. 160). March 20–22, 2023, Uman. [in Ukrainian].
7. Bazalii, V. V., Domaratskyi, Ye. O., Larchenko, O. V. (2018). Modern varietal composition of bread winter wheat and parameters of its ecological stability under different growing conditions (literature review). *Tavriiskyi naukovyi visnyk. Silskohospodarski nauky* [Taurida Scientific Herald. Series: Rural Sciences], *104*. 9–15. [in Ukrainian].
8. Priadkina, G. O., Makharynska, N. M., Sokolovska-Sergiienko, O. G. (2022). Influence of drought on photosynthetic traits of wheat plants. *Fiziolohiia roslyn i henetyka* [Plant Physiology and Genetics], *54 (6).* 463–483. doi: 10.15407/frg2022.06.463 [in Ukrainian].
9. Livneh, B., Badger, A. M. (2020). Drought less predictable under declining future snowpack. *Nature Climate Change*, *10*. 452–458. doi: 10.1038/s41558-020-0754-8.
10. Zhuk, O. I., Stasyk, O. O. (2023). *Vplyv umov posukhy na rist ta vrozhainist ozymoi pshenytsi u posivi* [The impact of drought conditions on the growth and yield of winter wheat in sowing]. *Biolohichni doslidzhennya – 2023: materialy XIV vseukr. nauk.-prakt. konf.* Proceedings of the *Biological research – 2023*: XIV all-Ukrainian sci. pract. conf. (pp. 11–13). October 10–11, 2023, Zhytomyr. [in Ukrainian].
11. Vovkodav, V. V. (2000) Metodyka derzhavnoho sortovyprobuvannia silskohospodarskykh kultur [Methodology of state variety testing of agricultural crops]. Kyiv: N. p. [in Ukrainian].
12. Selyaninov, G. T. (1937). World Agroclimatic Reference Book. In I. A. Goltsberg, S. A. Sapozhnikova (Eds.), *Metodika selskokhoziaystvennoy kharakteristiki klimata* [Methods of agricultural characteristics of climate] (pp. 5−29). Leningrad, Moscow: Gidrometeoizdat. [in Russian].
13. Pykalo, S., Demydov, O., Yurchenko, T., Khomenko, S., Humeniuk, O., Kharchenko, M. (2020). Index method for selection of drought tolerant wheat varie-ties in unstable climate conditions. *Ekolohichni nauky* [Ecological Sciences], *2* (29). 157–164. doi: 10.32846/ 2306-9716/2020.eco.2-29.2.24 [in Ukrainian].
14. Pykalo, S., Demydov, O., Yurchenko, T., Khomenko, S., Humeniuk, O., Kharchenko, M. (2020). Methods for evaluation of wheat breeding material for drought tolerance. *Visnyk Lvivskoho universytetu. Seriia biolohichna* [Bulletin of Lviv University. Biological Series], *82*. 63–79. doi: 10.30970/vlubs.2020.82.05 [in Ukrainian].
15. Dospiehov, B. A. (1985). *Metodika polevoho opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezultatov issledovaniy)* [Methodology of field experience with the basics of statistical processing of research results] (5-th ed., rev.). Moscow: Ahropromizdat [in Russian].

UDC 633.11:581.1:58.056:58.009

Kharchenko M. V., Yurchenko T. V., Pykalo S. V., Vasylyuk V. P. Evaluation of drought tolerance in bread winter wheat varieties of foreign selection in the Central Forest-Steppe of Ukraine.

Grain Crops. 2024. 8 (1). 22–30.

The V.M. Remeslo Myronivka Institute of Wheat NAAS, 68 Tsentralna St., Tsentralne village, Obukhiv district, Kyiv region, 08853, Ukraine

Topicality. Winter wheat is one of the main food crops in Ukraine and the world. The development of new varieties of bread winter wheat with a complex combination of valuable traits is currently relevant due to the possibility of stabilising the market for environmentally friendly food grains in Ukraine. **Purpose.** To determine the breeding value of 15 winter bread wheat varieties of different ecological and geographical origin in terms of drought tolerance in the Central Forest-Steppe of Ukraine and to identify the sources of resistance to water scarcity. **Materials and Methods.** The studies were carried out at the V. M. Remeslo Myronivka Institute of Wheat NAAS of

Ukraine. The Podolianka variety was used as the standard. Fifteen bread winter wheat varieties of foreign selection were studied. An index approach was used to study the response of wheat samples to drought. Drought tolerance was assessed in the laboratory by germinating seeds in sucrose solutions at an osmotic pressure of 16 atm and determining the intensity of electrolyte release from plant tissues under the impact of the stressor. **Results.** Over the years of research, meteorological conditions have differed significantly in terms of temperature and moisture availability both throughout the growing season and at certain stages of plant development. The yield of the wheat samples varied from 2.84 to 4.96 t/ha in a dry year and from 4.54 to 6.72 t/ha in an optimal year. The analysis of the data showed that the average yield in a dry year was 1.53 t/ha less than the optimal level. Assessment of drought tolerance by the method of seed germination in a sucrose solution revealed that among the tested varieties in 2021/22, three samples were highly tolerant, and the other 12 were medium tolerant. In 2020/21, all wheat samples were classified as medium tolerant. According to the intensity of electrolyte release from plant leaf tissues, all the studied wheat varieties showed high drought tolerance. The wheat varieties NE 06545, Aliya, Altigo, Vitor, MV Lepeny, Bodycek, Fotima were identified as sources of drought tolerance, based on a set of indices and laboratory assessment methods. **Conclusions.** The selected genotypes will serve as source breeding material for the development of new competitive varieties with valuable practical properties. Our research has made a contribution to the study of both theoretical and practical aspects of wheat drought tolerance.

Key words: *bread winter wheat, variety, yield, drought tolerance, indices, sources of drought tolerance*