

АНАЛІЗ ПОСУХОСТІЙКОСТІ СТВОРЕНИХ ЗРАЗКІВ ПШЕНИЦІ ЯРОЇ

Ж. М. НОВАК, кандидат сільськогосподарських наук
Л. О. РЯБОВОЛ, доктор сільськогосподарських наук
І. О. ЛЮБЧЕНКО, кандидат сільськогосподарських наук
А. І. ЛЮБЧЕНКО, кандидат сільськогосподарських наук
І. В. СИНЬООК, здобувач третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти (доктор філософії)
Уманський національний університет

Проведено ранню діагностику посухостійкості новостворених зразків пшениці за використання розчину манітолу концентрацією 0; 4; 6; 8; 10 і 12 %. Встановлено, що схожість селекційних зразків за використання 4 % розчину знижувалась на 7–35%; 6 % – 14–54 %; 8 % – 37–100 %. Концентрація 8 % була летальною для одного зразка, 10 % – для п'яти ліній пшениці. Подальше підвищення концентрації манітолу зумовило загибель усього матеріалу, окрім лінії 336. Селекційні зразки пшениці твердої ярої 326, 327 та м'якої ярої 336 і 337 характеризувались більшою стабільністю комплексу показників: схожості, довжини кореня, довжини стебла та маси проростка і можуть бути використані як джерело посухостійкості у селекційній роботі.

Ключові слова: пшениця, посухостійкість, схожість, довжина корінця, висота стебла, маса проростка

Постановка проблеми. Впродовж останніх десятиріч спостерігаються процеси зміни клімату та підвищення температурного режиму на планеті. Це супроводжується природними катаклізмами, зокрема, тривалою спекою, руйнівними зливами, посухами, паводками, ураганами тощо. Екстремальні температурні максимуми останніми роками б'ють рекорди, а недостатня кількість опадів, яка зазвичай випадає у вигляді злив, що перешкоджає їх оптимальному засвоєнню рослиною, спричиняють значні втрати та недобори врожаю [1]. Стале виробництво сільськогосподарської продукції в умовах зміни клімату можливе за комплексного використання агротехнічних, селекційних, організаційних та меліоративних заходів. Особливого значення набуває створення посухо-, жаро- та солестійких сортів рослин [2]. За використання методів ранньої діагностики, що передбачають визначення та ранжування матеріалів за рівнем стійкості до дії осмотично-активних речовин [3, 4]. Пшениця є основною хлібною культурою України. Створення посухостійких високопродуктивних біотипів пшениці твердої та м'якої дасть змогу забезпечити отримання високих врожаїв за зростаючих темпів потепління.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Пшениця – найцінніша зернова культура. Вона є основним джерелом білка та калорій у щоденному раціоні людини. Посуха стала абіотичним стресором, який серйозно впливає на

виробництво пшениці у світі. Зміна структури опадів, збільшення концентрації вуглекислого газу в атмосфері, підвищення температури повітря, суховії є основними причинами стресу, спричиненого посухою. Під її впливом змінюються морфологічні, фізіологічні та біохімічні процеси у рослинах, що зумовлює зниження врожайності та окремих її складових. При цьому спостерігається зниження схожості та енергії проростання насіння, раннє в'янення листя, зниження вмісту хлорофілу, активності фотосинтезу та накопичення крохмалю, передчасне дозрівання зерна тощо. Посуха призводить до утворення активних форм кисню, які спричиняють окислення рослинних клітин, що призводить до їх загибелі.

Рослини пшениці еволюціонували різні механізми толерантності до посухи, зокрема, збільшення щільності трихом і воскового покриву листя, зміну співвідношення корінь : пагін, збереження зеленого кольору вегетативних органів, накопичення проліну, вироблення різних ферментів (супероксиддисмутаза (СОД), аскорбат (АПХ), пероксидаза (ПОД), каталаза (КАТ)), осмотичного пристосування, накопичення АБК і утворення дегідринів. Скринінг різних генотипів для виявлення нових комбінацій ознак, генна інженерія, трансгенез та наступний добір адаптивних сортів і стимулювання селекції на посухостійкість є основними стратегіями збільшення виробництва і забезпечення продовольчої та харчової безпеки в умовах зміни клімату [5].

Шведські вчені вказують на скоростиглість пшениці та здатність її формувати велику листо-стебельну масу до настання спеки у посушливих регіонах. Реакцію культур на стрес можна виявити моніторингом посівів за супутниковими знімками на ландшафтному рівні та визначення періоду дії стресового чинника. Виявлено, що доступність води у ґрунті для рослин має важливе значення для формування врожайності в посушливий рік. Характеристика ґрунту в аналізі супутникових знімків може підвищити точність прогнозування стресу, спричиненого посухою для окремої сільськогосподарської культури [6].

Ідентифікація посухостійких ліній пшениці за ранньої діагностики дасть змогу пришвидшити процес добору цінного селекційного вихідного матеріалу та створення посухостійких сортів, що сприятиме підвищенню продуктивності культури в умовах глобального потепління і зміни клімату.

Посухостійкість – складна ознака і одна з важливих компонентів стабільності врожайності пшениці. У дослідженні Ahmed H. G. M. зі співавторами [7] 40 генотипів пшениці апробували в типових умовах регіону (контроль) та умовах посухи – 50 % та 75 % польової вологості. Аналізували довжину, сиру та суху масу кореня і пагона, вміст хлорофілу. Ці ознаки позитивно корелюють між собою, а покращення будь-якої з них підвищує параметри іншої. Встановлено, що генотипи G 47, G 48, G 65, G 68 і G 80 характеризувались найвищими показниками посухостійкості та можуть використовуватись вихідним матеріалом за створення посухостійких сортів пшениці.

Дослідження українських вчених також спрямовано на отримання посухостійкого селекційного матеріалу пшениці. За результатами аналізу сортів

пшениці озимої на посухостійкість в умовах Степу України, виділено сім основних індексів посухостійкості: толерантність до посухи (TOL), сприйнятливість до стресору (SSI), стабільність врожаю (YSI), відносний індекс посухи (RDI), посухостійкість (DI), схильність до стресу (SSPI), стійкість до стресу (ISR) та три допоміжні індекси: урожайність (YI), другий модифікований індекс толерантності до стресу (M2STI), гармонійна продуктивність (HMP). За індексами посухостійкості та біплот-аналізу виділено посухостійкі сорти, зокрема, Ліра одеська, Кохана, Зиск і Кошова. Сорти Марія, Нива одеська та Щедристь одеська ідентифіковано як нестійкий до посухи [8].

Зміна погодно-кліматичних умов останніх десятиліть, що характеризується підвищенням середньорічних температур та збільшення ризику посухи, спонукає сільськогосподарських товаровиробників до вирощування інтенсивних та високопродуктивних сортів, посухостійкість яких має вирішального значення.

За сучасних умов змін клімату та жорстокого гідротермічного коефіцієнту гостро стоїть питання створення посухостійких сортів пшениці для південних регіонів України. Вченими доведено, що сорти Дріада I, Херсонська 99 та Асканійська мають високу водоутримуючу здатність листків, що вирізняє їх посухостійкими. Вони майже не реагують на прояв стресів, викликаних істотним коливанням температурного режиму та низького рівня природного зволоження [9].

Для визначення рівня посухостійкості використовується метод ранньої діагностики. Прокопик Н. І. зі співавторами [10] вивчали особливості проростання насіння 17 сортів пшениці м'якої озимої, створених у зонах Лісостепу і Степу України та Центральної Європи (Німеччина), на розчинах сахарози, манітолу та сорбіту різної молярної концентрації, що відповідало 16 і 18 атм осмотичного тиску. Критерієм посухостійкості сортів вважали високий відсоток проростання насіння (понад 7–80 %) за умов штучного водного дефіциту на всіх досліджуваних розчинах осмотиків. На третю добу пророщування найбільшу енергію проростання на всіх досліджуваних варіантах за 16 атм осмотичного тиску виявили сорти Валенсія, Турунчук, Княжна (Миронівський інститут пшениці), Місія одеська, Благодарка одеська (Селекційно-генетичний інститут – Національний центр насіннєзнавства та сортовивчення The Plant Breeding and Genetics Institute – National Center of Seed and Cultivar Investigation), за 18 атм – Княжна, Валенсія, Турунчук, Благодарка одеська. За прийнятим критерієм посухостійкості, на 7 та 10 добу також вирізнялись сорти Альбатрос одеський, Грація миронівська, Вишиванка, Балада миронівська, та сорт німецької селекції Samurai.

Вченими розроблено та запатентовано спосіб оцінки посухостійкості рослин пшениці в ізолюваній культурі, що передбачає аналіз за рівнем виживання калюсів на селективному середовищі з манітолом; та часткою пророслого насіння на середовищі зі стресором. Встановлено кореляційні зв'язки між обома показниками та виділено генотипи з підвищеною стійкістю до водного стресу. Ними проведено скринінг сортів пшениці м'якої озимої, створених у різних екологічних зонах, на посухостійкість та виділено джерела генів стійкості

до водного дефіциту. Реакцію сортів на осмотичний стрес визначали за часткою життєздатних калюсів та відсотком пророслого насіння за дії стресового чинника. Встановлено, що найбільшою стійкістю до водного дефіциту характеризувалися сорти Балада миронівська та Горлиця миронівська, у яких відсоток проростання насіння та рівень виживання калюсів на середовищах з осмотиком були найвищими. Сорти Овідій і Wenzell виявилися чутливішими до дії водного дефіциту, оскільки за селективних умов вони мали найнижчі показники стійкості до стресора. Виявлено достовірний кореляційний зв'язок ($r = 0,86 \pm 0,00$) між показниками посухостійкості матеріалу, отриманих лабораторним та біотехнологічним методами [11].

Метою роботи було встановлення специфічної реакції насіння селекційних зразків пшениці на розчин манітолу.

Методика досліджень. Предмет дослідження – лінії пшениці твердої ярої: 326, 327, 328, 329, 330, 331, 332, 333, 334, 335 і м'якої ярої: 336 та 337 селекції Уманського національного університету. Оцінку посухостійкості зразків пшениці проводили шляхом пророщування насіння у розчині манітолу. Метод базується на здатності насіння різних генотипів проростати в умовах високого осмотичного тиску. Зразки, насіння яких вирізнялось вищою всмоктуючою силою, ніж всмоктуюча сила розчину осмотичноактивної речовини, характеризувалися стійкими до селективного чинника.

Відібрані партії насіння (по 100 шт.) замочували у воді (контрольний варіант) та розчинах манітолу різних концентрацій (4, 6, 8, 10, 12 %). Після набухання, насіння розкладали на однаковій відстані на смужках фільтрувального паперу розміром 100×10 см. Зверху насіння прикривали папером і скручували в рулон. Рулони поміщали в посудини з дистильованою водою або розчинами маніту. Пророщування насіння проводили в термостатах за температури 20 °С. Повторність – чотириразова.

Схожість насіння визначали на восьму добу пророщування, згідно ДСТУ 4138 : 2002 [12]. Після визначення схожості насіння вимірювали довжину кореня і стебла як показники, що дають змогу оцінити інтенсивність росту насіння в лабораторних умовах. Довжину кореня визначали за вимірювання лінійкою довжини найдовшого корінця. Середню довжину стебла визначали вимірюванням лінійкою кожного проростка. Масу проростків встановлювали, зважуючи усі проростки зерен до сотих часток грама. Отримані результати порівнювали за показниками посівних якостей з контрольним варіантом.

Результати досліджень. За нульової концентрації манітолу схожість насіння у різних зразків варіювала від 86 до 100 % (рис. 1). Використання чотирьохвідсоткової концентрації манітолу знижувало показник всіх досліджуваних зразків: у межах 10 % – у ліній 334 і 336; від 10 до 20 % – у сорту Чадо та ліній 327; 328; 331; 332 і 337; на 22–34 % – у зразків 326; 329 і 333. Найбільше пригнічення відмічено у зразка 335 – схожість знижувалась на 52 %. Використання 6 % концентрації манітолу спричиняло подальше зниження схожості. Вона становила від 40 до 82 % у різних селекційних зразків.

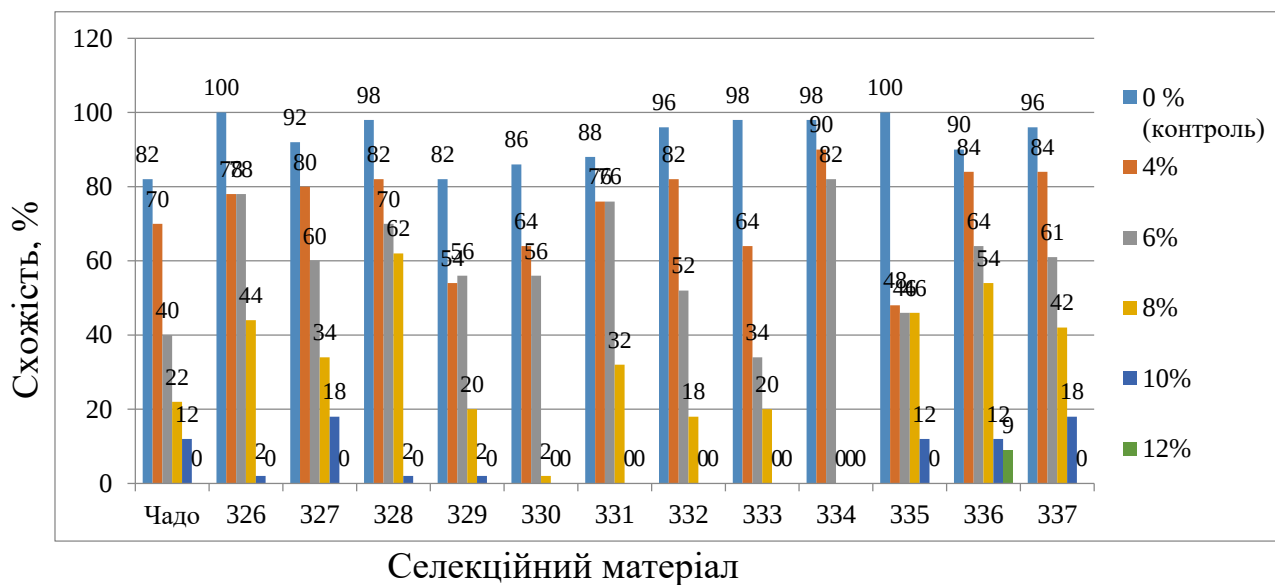


Рис. 1. Схожість насіння зразків пшениці за різної концентрації манітолу, %

Найстійкішими до визначеної концентрації були лінії 331 і 334. Їх схожість становила 76 та 82 %, відповідно, що поступалось контрольному варіанту на 12 та 16 %. У переважній кількості селекційних номерів схожість знижувалась за концентрації 6 % на 22–30 %; а у сорту Чаддо, зразків 332 і 337 – на 35–44 %. Найбільше пригнічення відмічалось у зразка 335 – схожість насіння становила 46 %, що поступалась стандарту на 54 %, проте лише на 2 % порівняно з попередньою концентрацією.

За 8 % концентрації манітолу схожість порівняно з контролем знижувалась всього матеріалу на 36–98 %. Насіння зразка 334 взагалі не проросло, а лінії 330 – проросло лише 2 %. Схожість насіння ліній 326; 327; 331; 335 та 337 була на рівні 32–46 %, що поступалось стандарту на 54–58 %. У сорту Чаддо та ліній 329; 332 і 333 схожість становила 18–22 %, поступаючись контрольному варіанту на 60–78 %. Найстійкішими до визначеної концентрації виявились зразки 328 та 326, їх схожість становила, відповідно, 62 та 54 %, що поступалось стандарту на 36 %, а порівняно з попередньою концентрацією на 8 та 10 %. Лінія 335 поступалась стандарту на 54 % за схожістю, проте за концентрацій 4; 6 і 8 % маніту показники проростання майже не змінювались.

Концентрація у 10 % манітолу виявилась летальною для ліній 330; 331; 332; 333 і 334. Схожість на рівні 2 % відмічено у ліній 326; 328 та 329, що було на 80–98 % нижче контролю. Сорт Чаддо та лінії 327; 335; 336 та 337 мали схожість 12–18 %. Подальше підвищення концентрації манітолу до 12 % виявилось летальним для всіх зразків, окрім 336/24, який мав схожість на рівні 9 %. Отже, за низьких концентрацій (4 та 6 % маніту) вищу схожість сформували лінії 331 та 334, проте за високих концентрацій найстійкішими були сорт Чаддо та зразки 327; 335; 336 і 337.

Аналізуючи довжину кореня проростка контрольного варіанту найвищі показники відмічено у сорту Чаддо (14,1 см) та лінії 334 (14,5 см) (табл.1).

Табл. 1. Довжина коренів проростків зразків пшениці ярої за різної концентрації манітолу, см

Зразок	Концентрація манітолу, %										
	0 (контроль)	4		6		8		10		12	
	см	см	%*	см	%*	см	%*	см	%*	см	%*
<i>Triticum durum</i> Desf.											
Чаді	14,1 ^a	4,8	34	3,7 ^d	26	1,6 ^e	11	1,2 ^e	9	0,0	0
326	6,9 ^e	7,9 ^b	114	5,6 ^a	81	2,8 ^d	41	4,0 ^b	58	0,0	0
327	6,6 ^f	6,1 ^{cd}	92	4,7 ^c	71	3,5 ^c	53	1,8 ^{de}	27	0,0	0
328	6,3 ^f	5,6 ^d	89	5,9 ^a	94	4,3 ^b	68	1,3 ^e	21	0,0	0
329	9,6 ^d	5,7 ^d	59	3,7 ^d	39	3,4 ^c	35	1,5 ^e	16	0,0	0
330	7,3 ^e	5,8 ^d	79	4,7 ^c	64	2,7 ^d	37	0,0	0	0,0	0
331	13,0 ^b	6,4 ^c	49	5,1 ^b	39	4,6 ^b	35	0,0	0	0,0	0
332	11,1 ^c	5,5 ^d	50	3,7 ^d	33	2,7 ^d	24	0,0	0	0,0	0
333	8,4 ^d	5,1 ^e	61	3,4 ^d	40	2,6 ^d	31	0,0	0	0,0	0
334	14,5 ^a	9,1 ^a	63	5,2 ^b	36	0,0	0	0,0	0	0,0	0
335	7,0 ^e	6,2 ^c	89	5,2 ^b	74	3,6 ^c	51	3,2 ^c	46	0,0	0
<i>Triticum aestivum</i> L.											
336	6,9 ^e	6,8 ^c	99	5,4 ^{ab}	78	3,8 ^c	55	2,1 ^d	30	2,2 ^a	32
337	7,4 ^e	6,0 ^{cd}	81	5,4 ^{ab}	73	5,2 ^a	70	4,9 ^a	66	0,0	0

Примітка: %* – відхилення від контролю, %; різні літери вказують на значення, які достовірно відрізняються в межах одного стовпця згідно з критерієм Тьюкі ($P < 0,05$)

Лінії 332 і 331 сформували корінь довжиною, відповідно, 11, 1 та 13,0 см. У решти ліній цей показник був на рівні 6,3–9,6 см. Використання 4 % концентрації манітолу знижувало довжину кореня у переважній кількості ліній на 11–66 %, проте у лінії 326 корінь сформувався довший на 14 % порівняно з контролем і становив 7,9 см, а у лінії 336 був на рівні контролю. Зразки 327, 328 і 335 знижували показник до 11 %; зразки 330 і 337 – у межах 19–21 %, а селекційні зразки 329; 333 і 334 – до 40 %. Згубно ця концентрація діяла на лінії 331 і 332, у рослин яких була зменшена довжина коренів вдвічі та на сорт Чаді, де відмічено зменшення довжини коренів у три рази (до 4,8 см).

Найвищу стійкість до манітолу концентрацією 6 %, за аналізу довжини кореня, відмічено у зразків 326 і 328; зменшення довжини кореня становило лише 19 та 6 % відносно контролю. Зразки 327; 335; 336 і 337 знижували показник в межах 22–29 %, а на 36 % коротшим був корінь у лінії 330. Рослини інших зразків зменшували довжину кореня на 60–67 %, а сорту Чаді – на 74 %.

Підвищення концентрації маніту зумовлювало істотніше пригнічення всіх ростових процесів, зокрема і процес ризогенезу. До концентрації 8 % найстійкішими були зразки 328 і 337, зі зменшенням довжини коренів відповідно на 32 та 30 % відносно контролю. Вдвічі меншу довжину кореня формували лінії 327; 335 та 336, на 60 % – лінія 326, а селекційний зразок 334 взагалі не мав регенеруючого потенціалу.

Найстійкішими до маніту концентрацією 10 % виявились зразки 326 і 337, що сформували корінь довжиною, відповідно, 4,0 та 4,9 см, що поступалось контролю на 52 і 44 % . У ліній 327, 335 і 336 фіксували корінь довжиною 1,8–3,2 см, що склало 30–58 % до контрольного варіанту. За концентрації маніолу 12 % лише зразок 336 сформував проростки, з корінцями завдовжки 2,2 см.

У контрольному варіанті без стресового чинника висота стебла аналізованого селекційного матеріалу варіювала від 5,3 до 16,4 см, у сорту Чадо та зразків 326; 328; 329; 334; 335 і 336 вона була понад 10 см (табл. 2, рис. 2).

Табл. 2. Довжина стебла та маса проростка зразків пшениці ярої за різної концентрації маніолу

Концентрація маніолу, %	Селекційний матеріал												
	<i>Triticum durum</i> Desf.											<i>Triticum aestivum</i> L.	
	Чадо	326	327	328	329	330	331	332	333	334	335	336	337
	Довжина стебла, см												
0 (контроль)	11,6 ^c	11,3 ^c	5,3 ^h	12,0 ^b	10,9 ^d	8,9 ^f	8,4 ^f	7,0 ^g	8,5 ^f	10,6 ^d	12,4 ^b	16,4 ^a	9,4 ^e
4	5,0 ^d	4,4 ^e	4,2 ^{ef}	4,7 ^e	4,7 ^e	6,6 ^b	5,4 ^d	3,7 ^f	3,5 ^f	8,3 ^a	4,7 ^e	4,7 ^e	7,8 ^a
6	2,7 ^e	3,8 ^d	4,8 ^{ab}	4,6 ^b	4,7 ^b	5,2 ^a	4,1 ^c	2,9 ^e	2,6 ^e	4,9 ^{ab}	4,2 ^c	5,0 ^a	4,9 ^{ab}
8	2,3 ^d	3,4 ^a	2,4 ^{cd}	3,6 ^a	1,8 ^e	2,5 ^c	3,1 ^b	2,7 ^c	2,3 ^d	—	3,2 ^b	3,1 ^b	3,1 ^b
10	1,3 ^c	2,8 ^a	1,5 ^c	1,2 ^c	2,3 ^b	—	—	—	—	—	3,0 ^a	2,2 ^b	2,4 ^b
12	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1,3 ^a	—
Маса проростка, г													
0 (контроль)	0,22 ^c	0,16 ^d	0,13 ^e	0,19 ^d	0,32 ^a	0,13 ^e	0,26 ^b	0,22 ^c	0,16 ^d	0,29 ^a	0,16 ^d	0,17 ^d	0,13 ^e
4	0,20 ^a	0,13 ^d	0,12 ^d	0,17 ^b	0,13 ^d	0,13 ^d	0,19 ^a	0,13 ^d	0,12 ^d	0,17 ^b	0,15 ^c	0,21 ^a	0,18 ^{ab}
6	0,15 ^b	0,14 ^c	0,20 ^a	0,14 ^c	0,18 ^a	0,15 ^b	0,15 ^b	0,13 ^c	0,12 ^c	0,16 ^b	0,15 ^b	0,16 ^b	0,15 ^b
8	0,10 ^d	0,15 ^b	0,14 ^b	0,17 ^a	0,12 ^c	0,12 ^c	0,13 ^c	0,14 ^b	0,11 ^d	—	0,16 ^a	0,15 ^b	0,11 ^d
10	0,10 ^c	0,09 ^c	0,12 ^b	0,11 ^c	0,15 ^a	—	—	—	—	—	0,14 ^a	0,13 ^b	0,10 ^c
12	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	0,13 ^a	—

Примітка: різні літери вказують на значення, які достовірно відрізняються в межах одного стовця згідно з критерієм Тьюкі ($P < 0,05$)

За невисоких концентрацій маніолу (4–6 %), більшу висоту паростка сформували зразки 330 (відповідно, 6,6 і 5,2 см); 334 (8,3 і 4,9 см); 337 (7,8 і 4,9 см). Високий показник за концентрації маніолу 6 % був також у лінії 336 (5 см). Проте, використання 4 % розчину маніолу призвело до зменшення висоти проростка до 83–29 % відносно контролю. Стійкішими були лінії 327, 330, 331, 334 і 337, у яких зниження показника становило 17–36 %. Підвищення концентрації до 6 % спричиняло збільшення висоти проростка у лінії 327 порівняно з попередньою концентрацією, проте в усіх інших зразків показник знижувався: у селекційних зразків 329, 330, 331, 334 і 337 до 43–58 % відносно контролю, у сорту Чадо та ліній 326, 328, 332, 333, 335 і 336 – до 23–39 %.

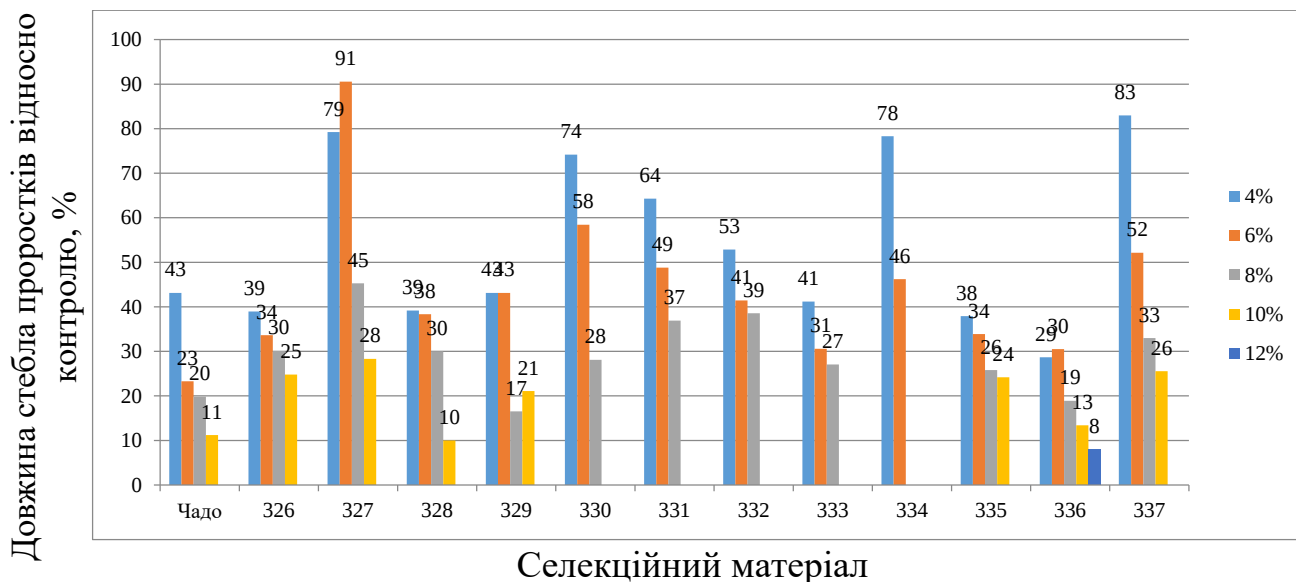


Рис. 2. Довжина стебла проростків зразків пшениці за різних концентрацій манітолу, % відносно контролю (0 % маніту)

Підвищення концентрації до 8 % дозволило виділити лінії, що мали більші проростки, зокрема, 326 і 328 (3,4–3,6 см), 335, 336 і 337 (3,1–3,2 см). При цьому висота стебла відносно контролю найбільшою була у ліній 327 (45 %), 331 (37 %), і 332 (39 %). Решта матеріалу мала проростки, висота яких складала 17–30 % від контролю. За 10 % концентрації манітолу висота стебла становила 2,2–3,0 см у ліній 326, 329, 335, 336 і 337, а у зразків 327 і 328 – 1,2–1,5 см, що складало 72–92 % до контролю.

Маса проростка на контрольному варіанті варіювала від 0,13 г у зразка 337 до 0,32 г у зразка 329. За концентрації манітолу 4 % у більшості ліній спостерігали зниження маси проростка, проте у зразків 336 і 337 фіксували підвищення його маси, відповідно, на 24 та 38 %.

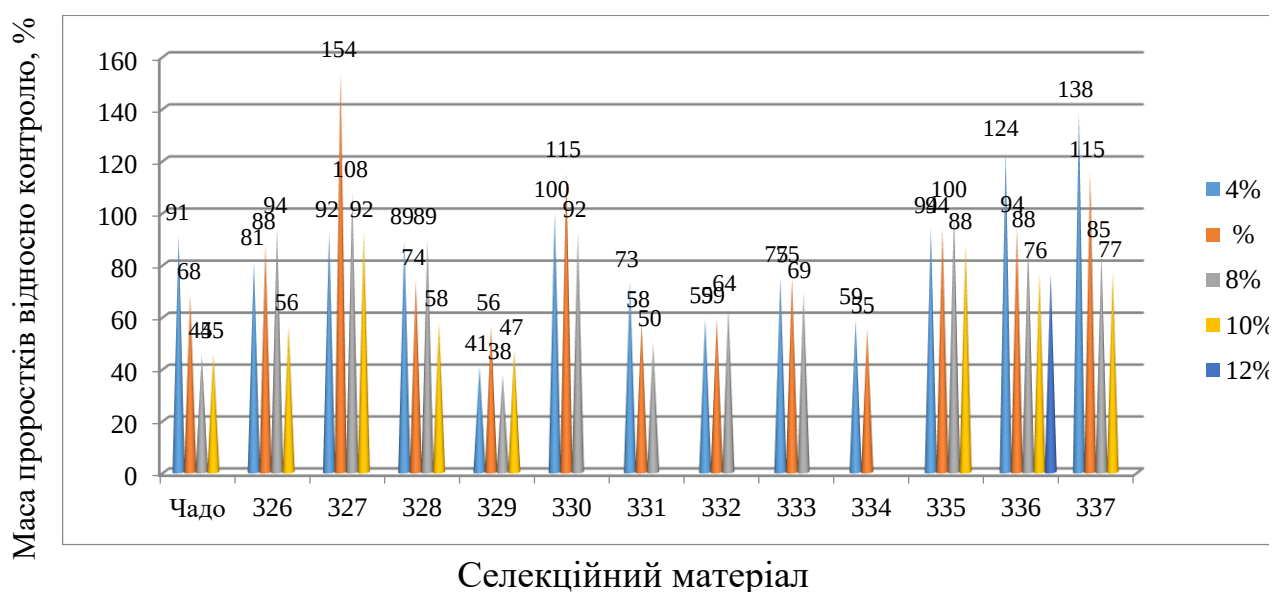


Рис. 3. Маса проростків зразків пшениці за різних концентрацій манітолу, % відносно контролю (0 % маніту)

Незмінною вона залишалась у зразка 330. Найвищі показники (0,19–0,21 г) відмічено у сорту Чадо та ліній 331 і 336. У межах 10 % до контролю знижувалась маса проростка у сорту Чадо та ліній 327 і 335, на 11–27 % – у біотипів 326, 331 і 33, на 41–59 % – у селекційних зразків 329, 332 і 334.

Підвищення концентрації манітолу до 6 % у зразків 327, 330 і 337 зумовило збільшення маси паростка відносно контролю відповідно на 0,07 (54 %) – 0,05 і 0,02 г (15 %). У решти зразків маса проростка становила 0,12–0,16 г. При цьому рослини зразків 326, 335 і 336 поступались контролю на 6–13 %, сорту Чадо та ліній 328, 333 – на 26–32 %. Найбільше пригнічення відчував біоматеріал зразків 328, 331, 332 і 334 – 41–45 %. Використання високих концентрацій манітолу (8 та 10 %) знижувало масу проростка до 0,10–0,16 г та 0,09–0,15 г, відповідно. Найвищі показники стресостійкості за концентрації 8 % спостерігали у зразків 326, 335 і 336, а за концентрації 10 % – у зразків 329 і 335. Зразок 336, що не характеризувався найвищими показниками маси проростка на контролі та за незначного стресу (4–6 % маніту), за вищих концентрацій (8–12 %) мав стабільний показник за масою і поступався контрольному варіанту лише на 12–24 %.

Висновки. За внутрішньовидової та міжвидової гібридизації створено вихідний матеріал пшениці твердої і м'якої ярої, що за апробації вирізнявся індивідуальними характеристиками стійкості до стресового чинника, зокрема, різних концентрацій манітолу (4–12 %).

За комплексом показників, найстійкішими до посухи (4–8 % манітолу), виділено зразки пшениці твердої ярої 326, 327 і 328 та м'якої ярої 336 і 337. Середнє зниження усіх становило за використання 4 % манітолу 3–25 %, за 6 % – 5–32; за 8 % – 37–48 %. Рослини лінії 335 характеризувались найбільшими показниками за довжиною коренів і стебел, масою проростків та схожістю на високих концентраціях манітолу, проте ці показники знижувались відразу при концентрації маніту 4 %, зокрема, схожість – на 42 %, довжина кореня і маса проростка – на 6–11 %, довжину стебла – на 62 %.

Сорт Чадо і зразки 329, 332 і 333 критично реагували на стресовий чинник навіть за найнижчих концентрацій (4 і 6 %), а зразки 334, 330 і 331 виявились нестійкими до концентрації манітолу 10 %. Серед аналізованих показників суттєво реагували на стрес довжина стебла рослин, а маса проростка була найстабільнішою. Використання найменшої 4 % концентрації манітолу у середньому за селекційними зразками знижувало схожість на 21 %, довжину кореня – на 26 %, масу проростка – на 14 %, довжину стебла – на 46 %. За 6 % розчину манітолу схожість та маса кореня поступались контролю, відповідно, на 36 і 42 %, довжина стебла – на 56, а маса проростка – на 15 %. Використання вищих концентрацій (8 і 10 %) у середньому призводило до зниження схожості, відповідно, на 67 і 93 %, довжини кореня – на 61 і 79 %, висоти стебла – на 73 і 88 %, маси проростка – на 29 та 58 %.

Доцільно використовувати вихідний матеріал у селекції сортів на посухостійкість створені зразки пшениці твердої ярої 326, 327, 328 та м'якої ярої 336 та 337, що вирізнялись стійкістю до дії високих концентрацій манітолу.

Література:

1. Новак А. В. Агрометеорологічні умови 2023–2024 сільськогосподарського року за даними метеостанції Умань. *Збірник наукових праць Уманського національного університету*. 2025. Вип. 106. С. 55–65. DOI: 10.32782/2415-8240-2025-106-1-55-65
2. Вожегова Р. А. Напрями адаптації галузі рослинництва до регіональних змін клімату. *Кліматичні зміни та сільське господарство. Виклики для аграрної науки та освіти*. Матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції. Київ–Миколаїв–Херсон, 2019. С. 6–8.
3. Almansouri M., Kinet M., Lutts S. Effect of salt and osmotic stresses on germination in durum wheat (*Triticum durum* Desf.). *Plant and Soil*. 2001. № 231. P. 243–254. DOI: 10.1023/A:1010378409663
4. Пикало С. В., Демидов О. А., Юрченко Т. В., Гуменюк О. В., Харченко М. В., Рибка К. М. Розроблення способів оцінки та добору генотипів зернових культур на стійкість до абіотичних стресових чинників. *Екологічні науки*. 2020. № 5(32). С. 174–185. DOI:10.32846/2306-9716/2020.eco.5-32.26
5. Nyaupane Sh., Poudel M. R., Panthi B., Dhakal A., Paudel H., Bhandari R. Drought stress effect, tolerance, and management in wheat – a review. *Cogent Food & Agriculture*. 2024. Vol. 10. Iss. 1. DOI: 10.1080/23311932.2023.2296094.
6. Van der Velde M., Baruth B., Seguini L. Earth observation reveals reduced winter wheat growth and the importance of plant available water during drought. *Biogeosciences*. 2025. № 22. P. 1341–1354. DOI: 10.5194/bg-22-1341-2025.
7. Ahmed H. G. M.-D., Zeng Y., Shah A. N., Yar M. M., Ali A. U. M. Conferring of drought tolerance in wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes using seedling indices. *Front. Plant Sci*. 2022. Vol. 13. DOI:10.3389/fpls.2022.961049
8. Коновалова В. М., Тищенко А. В., Базалій Г. Г., Фундират К. С., Тищенко О. Д., Резниченко Н. Д., Коновалов В. О., Боровик В. О. Аналіз сортів озимої пшениці на посухостійкість в умовах Степу України (Ч. 2 – посушливі роки). *Аграрні інновації*. 2023. № 20. С. 82–92. DOI: 10.32848/agraar.innov.2023.20.13.
9. Домарацький Є. О., Базалій В. В., Пічура В. І., Дробітько А. В., Потравка Л. О. Водоутримуюча здатність та посухостійкість пшениці озимої залежно від сортового складу за незрошуваних умов зони Степу. *Аграрні інновації*. 2023. № 21. С. 146–153. DOI: 10.32848/agraar.innov.2023.21.22.
10. Прокопик Н. І., Чугункова Т. В., Хоменко С. О. Оцінка посухостійкості сортів пшениці м'якої озимої різного еколого-географічного походження за умов осмотичного стресу. *Доповіді НУБіП України*. 2019. № 3. С. 46–53. DOI:10.31548/dopovidi2019.03.004.
11. Пикало С. В., Демидов О. А., Юрченко Т. В., Прокопик Н. І., Харченко М. В. Порівняльна оцінка методів визначення посухостійкості сортів пшениці м'якої озимої. *Scientific Journal «ScienceRise:Biological Science»*. 2019. № 4 (19). DOI: 10.15587/2519-8025.2019.186813.
12. ДСТУ 4138-2002. Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості. Київ: Держспоживстандарт України, 2003. 173 с.

References:

1. Novak, A. V. (2025). Agrometeorological conditions of the 2023–2024 agricultural year according to data from Uman weather station. *Collection of Scientific Works of Uman National University*, 106, 55–65. DOI: 10.32782/2415-8240-2025-106-1-55-65. [in Ukrainian].
2. Vozhegova, R. A. (2019). Directions for adapting crop production to regional climate change. *Proceedings of the 2nd International Scientific and Practical Conference “Climate Change and Agriculture: Challenges for Agrarian Science and Education”*, Kyiv–Mykolaiv–Kherson, pp. 6–8. [in Ukrainian].
3. Almansouri, M., Kinet, M., & Lutts, S. (2001). Effect of salt and osmotic stresses on germination in durum wheat (*Triticum durum* Desf.). *Plant and Soil*, 231, 243–254. DOI: 10.1023/A:1010378409663. [in English].
4. Pykalo, S. V., Demydov, O. A., Yurchenko, T. V., Humeniuk, O. V., Kharchenko, M. V., & Rybka, K. M. (2020). Development of methods for assessment and selection of cereal genotypes for resistance to abiotic stress factors. *Ecological Sciences*, 5(32), 174–185. DOI: 10.32846/2306-9716/2020.eco.5-32.26. [in Ukrainian].
5. Nyaupane, S., Poudel, M. R., Panthi, B., Dhakal, A., Paudel, H., & Bhandari, R. (2024). Drought stress effect, tolerance, and management in wheat – a review. *Cogent Food & Agriculture*, 10(1). DOI:10.1080/23311932.2023.2296094.
6. Van der Velde, M., Baruth, B., & Seguíni, L. (2025). Earth observation reveals reduced winter wheat growth and the importance of plant available water during drought. *Biogeosciences*, 22, pp. 1341–1354. DOI: 10.5194/bg-22-1341-2025.
7. Ahmed, H. G. M.-D., Zeng, Y., Shah, A. N., Yar, M. M., & Ali, A. U. M. (2022). Conferring of drought tolerance in wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes using seedling indices. *Frontiers in Plant Science*, 13. DOI:10.3389/fpls.2022.961049.
8. Konovalova, V. M., Tyshchenko, A. V., Bazalii, H. H., Fundyrat, K. S., Tyshchenko, O. D., Reznichenko, N. D., Konovalov, V. O., & Borovyk, V. O. (2023). Analysis of winter wheat varieties for drought resistance under Steppe conditions of Ukraine (Part 2 – Dry years). *Agrarian Innovations*, 20, pp. 82–92. DOI:10.32848/agrar.innov.2023.20.13. [in Ukrainian].
9. Domaratskyi, Ye. O., Bazalii, V. V., Pichura, V. I., Drobitko, A. V., & Potravka, L. O. (2023). Water-holding capacity and drought resistance of winter wheat depending on varietal composition under non-irrigated Steppe conditions. *Agrarian Innovations*, 21, pp. 146–153. DOI:10.32848/agrar.innov.2023.21.22.
10. Prokopik, N. I., Chuhunkova, T. V., & Khomenko, S. O. (2019). Assessment of drought tolerance in winter soft wheat varieties of different ecological and geographical origin under osmotic stress. *Reports of NUBiP of Ukraine*, 3. DOI:10.31548/dopovidi2019.03.004.
11. Pykalo, S. V., Demydov, O. A., Yurchenko, T. V., Prokopik, N. I., & Kharchenko, M. V. (2019). Comparative evaluation of methods for determining drought tolerance of winter soft wheat varieties. *ScienceRise: Biological Science*, 4(19). DOI:/10.15587/2519-8025.2019.186813.
12. Derzhspozhyvstandart Ukrainy. (2003). *DSTU 4138-2002. Seeds of agricultural crops. Methods for determining quality*. Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy. 2003. 173 p. [in Ukrainian].

Annotation

Novak Zh. M., Riabovol L. O., Liubchenko I. O., Liubchenko A. I., Synook I. V.
Analysis of Drought Tolerance of Developed Spring Wheat Accessions.

The process of creating drought – tolerant crop accessions can be accelerated using early diagnostic methods. The research material comprised spring durum wheat lines 326, 327, 328, 329, 330, 331, 332, 333, 334, and 335, as well as spring bread wheat lines 336 and 337, developed at Uman National University. Drought tolerance of the wheat accessions was assessed by germinating seeds in mannitol solutions. The method is based on the ability of seeds of different genotypes to germinate under conditions of high osmotic pressure. Accessions whose seeds exhibited higher suction force than that of the osmotic solution were considered tolerant to the selective factor. Laboratory diagnostics of drought tolerance were conducted on wheat accessions obtained through intra- and interspecific hybridization, using mannitol solutions at concentrations of 0, 4, 6, 8, 10, and 12 %.

It was found that at a 4 % concentration of the stress factor, germination of the breeding samples decreased by 7–35 %, at 6 % – by 14–54 %, and at 8 % – by 37–100 %. Mannitol concentrations of 8 % and 10 % were lethal for one and five wheat samples, respectively. Further increasing the mannitol concentration allowed the selection of spring bread wheat sample 336, which was drought-tolerant. Breeding materials of spring durum wheat samples 326 and 327, as well as spring bread wheat samples 336 and 337, exhibited stability under stress conditions across multiple traits, including germination, root length, stem height, and seedling biomass. Among the analyzed traits, plant stem length responded most significantly to stress, while seedling biomass was the most stable. The selected materials can be effectively used as a source of drought-tolerance genes in the breeding process to develop high-yielding varieties of spring bread and spring durum wheat.

Key words: wheat, drought resistance, germination, root length, stem height, seedling biomass