

valuable starting materials for breeding programs. Cultivars that differ in their response to contrasting environmental conditions during the study years can complement one another in commercial production to stabilize total output. Genotypes close to the "ideal" (cvs. 'Elf', 'Troian', 'Zakhysnyk', and 'Iner') combine high yield capacity with stress tolerance and are recommended for stable spring barley production.

Keywords: *spring barley, sources, yield, adaptability, stability, starting material, breeding.*

УДК 633.11:58.04:58.02

DOI: 10.36814/pgr.2025.37.03

Чернобай Ю. О., Шиянова Т. П., Кузьмишина Н. В., Докукіна К. І., Богуславський Р. Л., Поздняков В. В.

*Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН
просп. Героїв Харкова, 142, Харків, 61060, Україна
E-mail: ncpgru@gmail.com*

СИНТЕТИЧНІ ФОРМИ — ДЖЕРЕЛА ПОСУХОСТІЙКОСТІ ПШЕНИЦІ У ФАЗІ СХОДІВ

Проводили експрес-оцінку посухостійкості у фазі проростків шляхом пророщування на розчині осмотика ПЕГ 6000 35 синтетичних форм (синтетиків) пшениці із колекції Національного генбанку рослин України у порівнянні з п'ятьма сортами м'якої та твердої пшениці. Встановлено, що оптимальною концентрацією цієї осмотичної речовини є 15%. Серед ознак, що характеризують посухостійкість проростків, найбільш інформативними є схожість та кількість корінців на сьомий день пророщування. З випробуваних селекційних сортів пшениці найбільш витривалим до посухи у фазі проростків є сорт твердої озимої пшениці Континент. Суттєво менш витривалими є сорти твердої ярої пшениці Спадщина, м'якої озимої пшениці Бунчук, м'якої ярої пшениці Елегія миронівська, м'якої ярої пшениці Харківська 30. Із синтетиків виділено зразки з номерами Національного каталога UA0500044, UA0500064, IU070452, які перевершили або дорівнювали контрольному сорту Континент. Ці зразки є найбільш перспективними джерелами даної ознаки для селекції.

Ключові слова: *синтетичні форми пшениці, посухостійкість, проростки, розчин осмотика, ПЕГ 6000.*

ВСТУП

Стійкість рослин до посухи у фазі сходів є важливою властивістю сортів, що вирощуються у виробництві, оскільки визначає можливість одержати якісні сходи, отже можливість одержання врожаю і рівень урожайності, зокрема у зв'язку зі змінами клімату. Витривалість рослин до посухи визначається комплексом анатомо-морфологічних, фізіологічних, біохімічних ознак. Прояв кожної з цих ознак обумовлений вираженістю і взаємодією генотипових і фенотипових чинників [1, 2].

Один з ефективних шляхів підвищення посухостійкості культурних рослин у ювенільній фазі — використання генотипової складової, яка оцінюється рівнем прояву ознак на однорідному фоні. Прості методи для масової порівняльної оцінки посухостійкості польових культур у фазі проростків ґрунтуються на оцінці схожості насінин та інших

параметрів молодих проростків при пророщуванні на розчинах речовин-осмотиків, що імітують нестаток вологи [3].

Здатність насінин проростати на розчинах осмотиків висвітлює, з одного боку, спадково обумовлену властивість проростати за відносно меншої кількості води, з іншого — наявність високої всмоктуючої сили, яка забезпечує швидке поглинання потрібної кількості води. Установлена позитивна кореляція між здатністю насіння проростати на розчинах осмотиків і посухостійкістю [4].

Висока всмоктуюча сила насіння обумовлює не лише краще проростання за нестатку вологи, але й формування більш потужної первинної кореневої системи, що має важливе значення для подальшої життєдіяльності рослин, особливо в умовах посухи, тобто властивості проростка великою мірою впливають на формування посухостійкості дорослої рослини. Тому більш об'єктивну оцінку посухостійкості, поряд із схожістю, дає характеристика морфологічних ознак проростків і корінців [1,5].

Як осмотична речовина зараз використовується поліетиленгліколь (ПЕГ) з молекулярною масою 6000 (ПЕГ 6000). Ця речовина має перевагу над традиційно використовуваною цукрозою, оскільки на ній не розвивається пліснява і немає потреби в знезаражуванні насіння, яке може негативно впливати на насіння і спотворити результати оцінки. Молекули поліетиленгліколю з молекулярною масою більше 6000 є інертними, неіонними і непроникними для клітин. Вони досить малі, щоб впливати на осмотичний тиск, але досить великі, щоб не всмоктуватися рослинами [2]. Тому їх часто використовують для імітації осмотичного стресу [1, 4, 5, 6, 7].

Потенційними генетичними джерелами посухостійкості для селекції є синтетичні форми — амфідиплоїди або синтетики, створені шляхом об'єднання геномів різних диких і культурних видів пшениці і споріднених їй видів: егілопсів, дазипіруму та інших, які за своєю природою пристосовані до зростання в умовах посухи [8, 9, 10]. Можливість добору таких форм дає колекція синтетиків, зосереджена в Національному генбанку рослин України.

Метою дослідження було порівняльна оцінка витривалості синтетичних форм пшениці до водного дефіциту у фазі проростків шляхом пророщування на розчині осмотичної речовини та виділення найбільш витривалих зразків.

МАТЕРІАЛИ, МЕТОДИ ТА УМОВИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Матеріалом для досліду були 30 зразків-синтетиків різної геномної структури із колекції Національного генбанку рослин України, як ярого, так і озимого типів розвитку (табл. 1). Для порівняльної оцінки до досліду внесені селекційні сорти пшениці м'якої озимої Бунчук із Селекційно-генетичного інституту-Національного центру насіннезнавства та сортовивчення НААН (СГІ); пшениці м'якої ярої Елегія миронівська з Миронівського інституту пшениці ім. В. М. Ремесла НААН (МІП) та Харківська 30 з Інституту рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН (ІР); пшениці твердої озимої Континент (СГІ), пшениці твердої ярої Спадщина (ІР) (табл. 1). Сорти Бунчук і Континент адаптовані до умов степу України, Харківська 30 і Спадщина — східного лісостепу України, Елегія миронівська — центрального лісостепу України. Для всіх цих регіонів під час сходів пшениці, як озимої, так і ярої, посуха є характерною.

Витривалість рослин до посухи у фазі проростків оцінювали в умовах імітування посухи шляхом пророщування насіння на розчині осмотичної речовини — поліетиленгліколю ПЕГ з молекулярною масою 6000. Випробували три концентрації: 10 %, 12 % і 15 %. Контролем було пророщування на дистильованій воді.

Пророщування проводили в спеціальних пластмасових ростильнях прямокутної форми розміром 24 × 16 × 8 см, на фільтрувальному папері. Попередньо ростильні знезаражували гідролізним спиртом. Фільтрувальний папір розрізали на листи 23 × 15 см, з

аблиця 1. Список зразків-синтетиків (амфідиплоїдів) пшениці (*Triticum*) для оцінки посухостійкості у фазі проростків

№ з/р	Номер Національного каталога або інтродукції	Назва зразка	Країна походження	Рівень плоідності, 2n=	Родовід	Тип розвитку
1	2	3	4	5	6	7
1	UA0500004	ПАГ-12	RUS	42	<i>T.persicum/T.monococcum</i>	ярий
2	UA0500008	ПАГ-31	RUS	42	<i>T.dicoccum/T.monococcum</i>	ярий
3	UA0500004	ПАГ-12	RUS	42	<i>T.persicum/T.monococcum</i>	ярий
4	UA0500008	ПАГ-31	RUS	42	<i>T.dicoccum/T.monococcum</i>	ярий
5	UA0500009	ПАГ-32	RUS	42	<i>T.dicoccum/T.monococcum</i>	ярий
6	UA0500010	ПЭАГ	RUS	42	<i>T.dicoccum/Aegilops tauschii</i>	ярий
7	UA0500012	—	AZE	42	<i>T.dicoccum/Ae.speltooides var. ligustica</i>	ярий
8	UA0500013	—	RUS	42	<i>T.durum/Ae.longissima</i>	ярий
9	UA0500014	<i>Triticum ×kiharae</i>	JPN	42	<i>T.timopheevii/Ae.tauschii</i>	ярий
10	UA0500015	<i>Triticum ×migushovae</i>	RUS	42	<i>T.militinae/Ae.tauschii</i>	ярий
11	UA0500016	АД Жирова д.7568	RUS	42	<i>T.militinae/Ae.tauschii</i>	ярий
12	UA0500018	<i>Haynaticum</i>	RUS	42	<i>T.dicoccum/Dasypyrum villosum</i>	ярий
13	UA0500019	<i>Triticum timonovum</i>	FRA	56	Автотетраплоїд/ <i>Triticum timopheevii</i>	ярий
14	UA0500020	<i>Triticum × fungicidum</i>	RUS	56	<i>T.timopheevii/T.persicum</i>	ярий
15	UA0500021	—	RUS	56	<i>Ae.ventricosa/T.dicoccum</i>	ярий
16	UA0500022	АД 8	AZE	56	<i>T.dicoccum/Ae.triuncialis</i>	ярий
17	UA0500024	ПАГ-39	RUS	42	<i>T.dicoccum/T.sinskajae</i>	ярий
18	UA0500025	<i>Triticum × timococcum</i>	RUS	42	<i>T.timopheevii-T.monococcum</i>	ярий
19	UA0500026	<i>Triticum ×sinskourarticum</i>	ARM	28	<i>T.sinskajae/T.urartu</i>	ярий
20	UA0500029	AD 221-4	JPN	42	<i>T.persicum/Ae.tauschii</i>	ярий
21	UA0500044	ПАГ- 7	RUS	42	<i>T.durum/T.monococcum</i>	ярий
22	UA0500054	<i>Triticum ×palmo vae</i>	RUS	28	<i>T.boeoticum/Ae.tauschii</i>	озимий
23	UA0500055	Авротика	RUS	42	Тетра/Аврора// <i>Ae.mutica</i>	озимий
24	UA0500057	Міюза	RUS	42	<i>T.durum/Ae. comosa</i>	озимий
25	UA0500060	—	JPN	28	<i>T.boeoticum/Ae.uniaristata</i>	ярий
26	UA0500061	—	ARM	42	<i>T.dicoccoides/T. boeoticum</i>	ярий
27	UA0500064	—	BGR	42	<i>T.aestivum/Thynopyrum intermedium</i>	озимий
28	UA0500067	Авролата	RUS	42	Тетра/Аврора// <i>Aegilops um bellulata</i>	озимий

1	2	3	4	5	6	7
29	UA0500069	<i>Triticum ×fungi- cidum</i>	RUS	56	<i>T.timopheevii/T.persicum</i>	ярий
30	UA0500106	AD awnless	MEX	42	<i>T.dicoccum/Ae. tauschii</i>	озимий
31	IU070452	Entry 1	TUR	42	<i>T.durum</i> Айсберг одеський <i>/Ae. tauschii</i>	озимий
32	IU070471	Entry 20		42	<i>T. durum</i> Л 1530.94/ <i>Ae. tauschii</i>	озимий
Контрольні зразки						
33	UA0106580	Бунчук	UKR	42	<i>T. aestivum</i>	озимий
34	UA0104378	Елегія миронівська	UKR	42	<i>T. aestivum</i>	ярий
35	UA0104110	Харківська 30	UKR	42	<i>T. aestivum</i>	ярий
36	UA0201359	Континент	UKR	42	<i>Triticum durum</i>	озимий
37	UA0201075	Спадщина	UKR	28	<i>T. durum</i>	ярий

яких робили складчастий фільтр з висотою складки 2 см; фільтри поміщають у ростильні. У кожену складку розкладали по 10 насінин кожного зразка. Повторність досліду дворазова.

Посухостійкість оцінювали за реакцією насіння на пророщування у розчині осмотичної речовини у порівнянні з пророщуванням на дистильованій воді.

Визначали такі показники: схожість, кількість первинних корінців, довжину первинного корінця, довжину проростка, масу проростків, масу корінців. Показники насінин, за виключенням останніх двох, визначали на третій і сьомий день пророщування. По кожному варіанту досліду аналізували 10 пророщених насінин у двох повтореннях, тобто фактично всього одержували 20 показників кожної морфологічної ознаки.

Масу проростків і корінців визначали в сирому та сухому стані сумарно по 10 проростках кожної повторності, разом у двох повтореннях. Висушування проводили за температури 130°C протягом 60 хвилин.

Схожість насіння в контрольному варіанті та варіантах досліду оцінювали за часткою пророслих насінин від загальної кількості насінин, поставлених на пророщування.

Для схожості середню помилку обраховували за формулою Я. Бернуллі для альтернативної ознаки:

$$\mu = \sqrt{\frac{w(1-w)}{n}}$$

де: μ — середня помилка;

w — вибіркова частка; n —обсяг вибірки.

Для морфологічних характеристик середню помилку обраховували за формулою:

$$m = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

m — середня помилка середньої,

σ — середньоквадратичне відхилення,

n — обсяг вибірки.

Достовірність відмінностей між середніми величинами оцінювали за критерієм Ст'юдента:

$$t = \frac{M_1 - M_2}{\sqrt{\mu_1^2 + \mu_2^2}}$$

де: M_1 і M_2 — середні величини; μ_1 і μ_2 — середні помилки відповідних середніх величин.

Довірчі межі ознаки $M \pm tm$ прийняті за $t=2$, тобто $M \pm 2m$, що відповідає імовірності 95 %. Ступінь зміни рівнів прояву ознак під впливом досліджуваних чинників оцінювали за індексом впливу чинника, який розраховували за формулою:

$$I = \frac{x_1 - x_2}{x_2} \times 100$$

де: I — індекс впливу чинника;

x_1 — середній показник у дослідному варіанті — при пророщуванні на осмотичному розчині ПЕГ 6000 відповідної концентрації 10 %, 12 % або 15 %;

x_2 — середній показник у контрольному варіанті — при пророщуванні насінин тієї ж вибірки на дистильованій воді.

Додатне значення індексу означає зростання показника, тобто позитивний вплив досліджуваного чинника; від'ємне значення — зменшення показника, отже негативний вплив чинника.

Критерієм посухостійкості вважали мінімальне відхилення кожного показника при пророщуванні на розчинах ПЕГ 6000 у концентраціях 10 %, 12 % і 15 % від відповідного показника при пророщуванні на розчині дистильованої води, тобто індекс впливу чинника I мав дорівнювати нулю або мінімально відхилитись від нього, знаходячись у межах довірчого інтервалу. Для більш жорсткої оцінки допустиме відхилення приймали значно меншим за довірчий інтервал. Для ознак схожість, кількість первинних корінців, довжина первинного корінця, довжина проростка, всі показники на третій і сьомий дні пророщування як критерій посухостійкості використовувався індекс з величиною $0 \pm 0,10$. Для ознак: сира маса проростків, суха маса паростків, сира маса корінців, суха маса корінців як критерій посухостійкості використовувався індекс з величиною $0 \pm 0,39$.

Індекси з такими показниками кодувалися цифрою 1. По кожному зразку вони сумувались за групами ознак і визначався сумарний рейтинг, після чого всі сумарні рейтинги складались і виводився загальний рейтинг зразка. Ті зразки, загальні рейтинги яких перевищували загальні рейтинги контрольних сортів пшениці, вважались більш посухостійкими.

При розрахунку коефіцієнта кореляції Пірсона між рейтингами для оцінки використовували шкалу Чеддока: від 0 до 0,3 кореляція дуже слабка, від 0,3 до 0,5 — слабка, від 0,5 до 0,7 — середня, від 0,7 до 0,9 — висока, від 0,9 до 1,0 дуже висока.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Результати оцінок зразків синтетиків за ознаками, пов'язаними з посухостійкістю у фазі проростків, подані в таблиці 2-4.

Таблиця 2. Кореляції між загальним і сумарними рейтингами зразків за ознаками посухостійкості

Сумарні рейтинги	Загальний
1	2
Маса корінців сира	0,63**
Маса корінців суха	-0,15
Маса проростків сира	0,53**
Маса проростків суха	0,44**
Схожість	0,96**
Кількість корінців на 3-й день	0,66**
Кількість корінців на 7-й день	0,72**

Закінчення таблиці 2

1	2
Довжина корінця на 3-й день	0,69**
Довжина корінця на 7-й день	0,59**
Довжина паростка на 3-й день	0,58**
Довжина паростка на 7-й день	0,41**

** значення істотні за $p = 0,01$

Таблиця 3. Рейтинги зразків-синтетиків за ознаками посухостійкості

Назва або номер зразка	Сумарні рейтинги за:			Загальний (підсумковий) рейтинг
	комплексом морфологічних ознак	масою корінців і проростків	схожістю	
1	2	3	4	5
UA0500044	19	9	19	47
UA0500044	19	9	19	47
UA0500064	20	7	19	46
Континент	17	10	16	43
IU070452	20	3	20	43
UA0500004	16	7	15	38
UA0500055	13	10	13	36
UA0500106	14	7	14	35
UA0500025	12	9	13	34
Спадщина	13	6	13	32
UA0500008	13	5	13	31
UA0500029	10	11	10	31
UA0500026	12	6	12	30
IU070471	14	2	13	29
UA0500061	11	12	5	28
Бунчук	10	5	11	26
UA0500009	10	6	10	26
UA0500014	8	10	8	26
UA0500019	9	8	9	26
UA0500020	10	6	10	26
UA0500016	10	8	7	25
UA0500024	10	5	9	24
Елегія миронівська	8	7	8	23
UA0500067	8	11	3	22
UA0500010	6	5	7	18
Харківська 30	5	6	5	16
UA0500012	7	1	6	14
UA0500018	4	2	4	10
UA0500022	5	4	0	9
UA0500060	5	1	3	9
UA0500057	0	7	0	7
UA0500069	0	6	0	6
UA0500013	0	4	0	4
UA0500015	0	4	0	4
UA0500021	2	0	2	4
UA0500054	0	0	0	0

¹ Кількість первинних корінців, довжина первинного корінця, довжина проростка, всі показники на третій і сьомий дні пророщування, у двох повтореннях.

Загальний рейтинг зразків за дослідом тісно корелює з сумарними рейтингами, одержаними за кожною з трьох концентрацій осмотика ПЕГ 6000: r становить від 0,83 до 0,93 (табл. 4). Причому найбільш тісний, майже функціональний зв'язок ($r = 0,93$) має місце з рейтингом за концентрації 15 %. Отже, у подібних дослідях для об'єктивної, оцінки посухостійкості зразків пшениці та її споріднених форм достатньо використовувати одну — найвищу з трьох випробуваних концентрацій (15 %).

Таблиця 4. Рейтинги зразків-синтетиків за реакцією на концентрацію осмотичної речовини

Назва або номер зразка	Рейтинги за концентраціями ПЕГ, %			Загальний рейтинг
	10	12	15	
1	2	3	4	5
Бунчук	16	4	6	43
Континент	18	13	12	23
Елегія миронівська	10	5	8	16
Харківська 30	7	5	4	32
Спадщина	17	2	13	38
UA0500004	10	15	13	31
UA0500008	11	12	8	26
UA0500009	14	6	6	18
UA0500010	7	5	6	14
UA0500012	4	6	4	4
UA0500013	1	1	2	26
UA0500014	11	5	10	4
UA0500015	1	2	1	25
UA0500016	10	6	9	10
UA0500018	5	5	0	26
UA0500019	11	11	4	26
UA0500020	10	9	7	4
UA0500021	2	2	0	9
UA0500022	5	3	1	24
UA0500024	9	8	7	34
UA0500025	14	10	10	30
UA0500026	15	8	7	31
UA0500029	10	9	12	47
UA0500044	16	12	19	0
UA0500054	0	0	0	36
UA0500055	15	11	10	7
UA0500057	3	3	1	9
UA0500060	0	8	1	28
UA0500061	9	8	11	46
UA0500064	20	14	12	22

1	2	3	4	5
UA0500067	6	10	6	6
UA0500069	2	2	2	35
UA0500106	11	12	12	43
IU070452	18	12	13	29
IU070471	14	7	8	26
Коефіцієнти кореляції між сумарними і загальним рейтингами				
	ПЕГ 10%	ПЕГ 12%	ПЕГ 15%	
Загальний рейтинг	0,92	0,83	0,93	

Із рейтингів ознак, що характеризують посухостійкість проростків, тісно корелюють з загальним рейтингом сумарні рейтинги схожості (0,96), кількість корінців на 7-й день пророщування (0,72) (див. табл. 2). Ці ознаки слід вважати найбільш інформативними для оцінки посухостійкості пшениці у фазі сходів. У середньому ступені корелюють з загальним рейтингом сумарні рейтинги маси корінців сирі (0,63), кількості корінців на 3-й день пророщування (0,66), довжини корінця на 3-й день (0,69) і на 7-й день пророщування (0,59), маси проростків сирі (0,53), довжини паростка на 3-й день (0,58). Ці ознаки менш інформативні.

Із випробуваних селекційних сортів пшениці найбільшим рейтингом — 43 — характеризувався сорт твердої озимої пшениці Континент (табл. 3). Суттєво нижчі рейтинги констатовано у сорту твердої ярої пшениці Спадщина — 32; м'якої озимої пшениці Бунчук — 26; м'якої ярої пшениці Елегія миронівська — 23; м'якої ярої пшениці Харківська 30 — 16.

Із синтетиків найвищий рейтинг (відповідно 47 і 46) мали ПАГ 7 (UA0500044, ярий) і UA0500064 (озимий), що перевищили навіть сорт озимої твердої пшениці Континент. На рівні цього сорту синтетик IU070452(озимий) — 43. Ці зразки можуть вважатись найбільш перспективними джерелами витривалості до посухи у фазі сходів. Один з двох найбільш посухостійких синтетиків — ПАГ 7 — поєднував геноми двох культурних видів пшениці: гол озерного *T.durum* та півчастого *T.monococcum*. Високу стійкість цього зразка, очевидно, обумовлює адаптивність обох компонентів. Другий стійкий зразок — UA0500064 включає геном дикого співродича пшениці — пірію середнього *Thynopyrum intermedium*. Витривалість цього виду до комплексу абіотичних і біотичних чинників загальновідома [11]. Очевидно, що посухостійкість проростків успадкована синтетичною формою. Наявність у ньому геному м'якої пшениці полегшує схрещуваність із сортами м'якої пшениці, отже передавання їй посухостійкості.

Заслужують на увагу чотири синтетики з меншими рейтингами — від 34 до 38, які, перевищували наступний за рейтингом випробуваний сорт ярої твердої пшениці Спадщина: UA0500004, UA0500025 (ярі); UA0500055, UA0500106 (озимі). Ці зразки також доцільно використати у селекції на посухостійкість. Із цих чотирьох зразків UA0500025 поєднує геноми *T.timopheevii* і *T.monococcum* — двох півчастих видів пшениці, що несуть комплекс генів стійкості проти хвороб і шкідників. UA0500004, поряд з *T.monococcum*, має геном *T.persicum* з геном *Q*, що обумовлює полегшений вимолот зернівок — ознаку дефіцитну для синтетиків пшениці [12]. UA0500055 і UA0500106 створені за участі видів дикого співродича пшениці *Aegilops* L.: перший — *Ae.mutica*, другий — *Ae.tauschii*, обидва характеризуються широкою здатністю до екологічної адаптації [13]. Як у синтетиків, так і у контрольних зразків не спостерігається однозначного зв'язку між типом розвитку і загальним рейтингом за посухостійкістю у фазі проростків.

Загальні рейтинги більшості зразків, виділених за посухостійкістю, обумовлені у більшій і рівній мірі двома сумарними рейтингами: 1) за комплексом морфологічних ознак (кількість первинних корінців, довжина первинного корінця, довжина проростка — всі показники на третій і сьомий дні пророщування, у двох повтореннях) і 2) за схожістю (див. табл. 3). Сумарний рейтинг за масою корінців і проростків становив майже удвічі меншу частку порівняно з цими двома. Лише у зразка UA0500055 загальний рейтинг обумовлений майже у рівній мірі всіма трьома поіменованими сумарними рейтингами.

Поряд із синтетиками, які за посухостійкістю проростків перевищили або дорівнювали контрольним сортам Континент і Спадщина, певний інтерес можуть представляти зразки з загальним рейтингом від 28 до 31, які перевищували сорт Бунчук. Зразки UA0500029 (*T.persicum/Ae.tauschii*, ярий) та IU070471 (*T.durum/Ae.tauschii*, озимий) мають субгеном *D*, успадкований від егілопса, що обумовлює широку адаптивність. Ці два зразки мають геном *ABD* гомологічний м'якій пшениці. Це обумовлює легку схрещуваність їх з м'якою пшеницею, отже полегшує передачу їй посухостійкості, високої білковості зерна та інших цінних ознак [14].

Два синтетики — UA0500008 (*T.dicoccum/T.monococum*, ярий) і UA0500061 (*T.dicoccoides/T.boeoticum*, ярий) — мають геном A^uA^bB , тобто подвійну дозу субгенома *A* у двох модифікаціях. Третій синтетик — UA0500026 (*T.sinskajae* — *T.urartu*, ярий) — несе геном A^uA^b гомологічний субгеномам попередніх двох зразків, причому субгеном *B* відсутній [14]. Означені геномні особливості обумовлюють полегшену схрещуваність з сортами твердої пшениці з метою передачі посухостійкості.

Таким чином, виділено синтетичні форми пшениці, що характеризуються високою посухостійкістю на початковому етапі розвитку рослин — у фазі проростків. Вони є джерелами цієї ознаки в комплексі з іншими цінними ознаками для селекції пшениці.

ВИСНОВКИ

Для експрес-оцінки посухостійкості у фазі проростків зразків пшениці та її споріднених форм шляхом пророщування на розчині осмотика ПЕГ 6000 слід використовувати концентрацію речовини 15 %.

Із ознак, що характеризують посухостійкість проростків, найбільш інформативними є схожість та кількість корінців на 7-й день пророщування. Менш інформативними є довжина корінця на 3-й і на 7-й день пророщування, кількість корінців на 3-й день пророщування, сира маса корінців, довжина паростка на 3-й день, сира маса паростків.

Із випробуваних селекційних сортів пшениці найбільш витривалим до посухи у фазі сходів є сорт твердої озимої пшениці Континент (загальний рейтинг 43); суттєво менш витривалими є сорти твердої ярої пшениці Спадщина (32); м'якої озимої пшениці Бунчук (26); м'якої ярої пшениці Елегія миронівська (23); м'якої ярої пшениці Харківська 30 (16).

Найбільш посухостійкими у фазі проростків є синтетики ПАГ7 (UA0500044), UA0500064, IU070452, які перевершували або дорівнювали контрольному сорту Континент. Ці зразки є найбільш перспективними джерелами даної ознаки для селекції. Заслужують на увагу також синтетики UA0500004, UA0500055, UA0500106, UA0500025, які перевищували сорт пшениці Спадщина, та синтетики IU070471 UA0500008, UA0500026, UA0500029, UA0500061, які перевищували сорт Бунчук.

Дослідження проведено за грантом, виділеним Міністерством освіти і науки України згідно Наказу від 25.08.2025 № 1174-25 "Про затвердження Переліку державних наукових установ, яким за результатами державної атестації спрямовуються бюджетні кошти у 2025 році, разом з відповідними обсягами фінансування для кожної державної наукової установи".

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Салій А. М., Рябчун Н. І. Виділення джерел посухостійкості озимої м'якої пшениці в онтогенезі. Генетичні ресурси рослин. 2022. № 30. С. 34-43. doi: 10.36814/pgr.2022.30.03

2. Sharma V., Kumar A., Chaudhary A., Mishra A., Rawat S., Basavaraj Y. B., Shami V., Kaushik P. Response of wheat genotypes to drought stress stimulated by PEG. *Stresses*. 2022. Vol. 2. № 1. P. 26–51. doi: 10.3390/stresses2010003
3. Пикало С., Демидов О., Юрченко Т. та ін. Методи оцінки посухостійкості селекційного матеріалу пшениці. Вісник Львівського університету. Серія біологічна. 2020. № 82. С. 63–79 doi: 10.30970/vlubs.2020.82.05
4. Altaf A., Gull S., Zhu X., Zhu M., Rasool G. Ibrahim M. E. H., Aleem, M., Uddin S. et al. Study of the effect of PEG-6000 imposed drought stress on wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars using relative water content (RWC) and proline content analysis. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*. 2021. Vol. 58. № 1. P. 357–367. doi: 10.21162/PAKJAS/21.953
5. Zerrouk N, Chemtob C, Arnaud P, Toscani S, Dugue J. *In vitro* and *in vivo* evaluation of carbamazepine-PEG 6000 solid dispersions. *International Journal of Pharmaceutics*. 2001. Vol. 225. № 1-2. P. 49–62. doi: 10.1016/s0378-5173(01)00741-4
6. Panhwar N. A., Soomro Z., Sial M. A., Jatoi W. A. Evaluating the potential of normal watering and polyethylene glycol (PEG-6000) on morphological traits of spring wheat seedlings of advance lines. *Trends in Ecological and Indoor Environmental Engineering*. 2025. Vol. 3. № 1. P. 25–35. doi: 10.62622/TEIEE.025.3.1.25-35
7. Kolupaev Yu. E., Relina L. I., Oboznyi A. I., Ryabchun N. I., Vasko N. I., Kolomatska V. P., Leonov O. Yu. Stress metabolites in wheat: role in adaptation to drought. *The Ukrainian Biochemical Journal*. 2025. Vol. 97. № 3. P. 13–41. doi: 10.15407/ubj97.03.013
8. Fatima S., Arshad M., Chaudhari S., Ali A., Amjad M. S., Kausar R. Utilization of synthetics for drought tolerance in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *International Journal of Biosciences*. 2014. Vol. 5. № 1. P. 104–112. doi: 10.12692/ijb/5.1.104-112.
9. Antim, Tyagi B. S., Ojha A., Nain A., Sheoran S., Singh V., Singh G., Kamboj M. C. Amphidiploids derived from *Thinopyrum bessarabicum* (Savul. & Rayss) Á. Löve (*Poaceae*) to enhance grain yield under drought and heat-drought stress. *Journal of Cereal Research*. 2024. Vol. 16. № 1. p. 16-25. doi: 10.25174/2582-2675/2024/145000
10. Rakszegi M., Molnár I., Darkó É., Tiwari V.K., Shewry P. *Aegilops*: Promising genesources to improve agronomical and quality traits of wheat. *Frontiers in Plant Science*. 2020. Vol. 11. 1060. doi: 10.3389/fpls.2020.01060
11. Cui L., Ren Y., Murray T.D., Yan W., Guo Q., Niu Y., Sun Y., Li H. Development of perennial wheat through hybridization between wheat and wheatgrasses: a review. *Engineering*. 2018. Vol. 4. №. 4. P. 507–513, doi: 10.1016/j.eng.2018.07.003.
12. Matsuoka Y. Evolution of polyploid *Triticum* wheats under cultivation: the role of domestication, natural hybridization and allopolyploid speciation in their diversification. *Plant Cell Physiology*. 2011. Vol. 52. № 5. P. 750–764 doi:10.1093/pcp/pcr018.
13. Kishii M. An update of recent use of *Aegilops* species in wheat breeding. *Frontiers in Plant Science*. 2019. 10. 585. doi: 10.3389/fpls.2019.00585.
14. Charvet G. Wheat domestication: Lessons for the future. *Comptes Rendus Biologies*. 2011. Vol. 334, № 3. P. 212-220. doi: 10.1016/j.crv.2010.12.013.

REFERENCES

1. Sali AM, Riabchun NI. 2022. Identification of drought resistance sources in winter bread wheat ontogenesis. *Genetični resursi roslin*. 30: 34-43. doi: 10.36814/pgr.2022.30.03
2. Sharma V, Kumar A, Chaudhary A, Mishra A, Rawat S, Basavaraj YB, Shami V, Kaushik P. 2022. Response of wheat genotypes to drought stress stimulated by PEG. *Stresses*. 2 (1): 26-51. doi: 10.3390/stresses2010003
3. Pykalo S, Demydov O, Yurchenko T. et al. 2020. Methods for evaluation of wheat breeding material for drought tolerance. *Visnyk of the Lviv University. Series Biology*. 82: 63-79. doi: 10.30970/vlubs.2020.82.05

4. Altaf A, Gull S, Zhu X, Zhul M, Rasool G, Ibrahim MEH, Aleem, M, Uddin S. 2021. Study of the effect of PEG-6000 imposed drought stress on wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars using relative water content (RWC) and proline content analysis. Pakistan Journal of Agricultural Sciences. 58(1): 357-367. doi: 10.21162/PAKJAS/21.953
5. Zerrouk N, Chemtob C, Arnaud P, Toscani S, Dugue J. 2001. *In vitro* and *in vivo* evaluation of carbamazepine-PEG 6000 solid dispersions. International journal of pharmaceutics. 225(1-2): 49-62. doi: 10.1016/s0378-5173(01)00741-4
6. Panhwar NA, Soomro Z, Sial MA, Jatoi WA. 2025. Evaluating the potential of normal watering and polyethylene glycol (PEG-6000) on morphological traits of spring wheat seedlings of advance lines. Trends in Ecological and Indoor Environmental Engineering, 3(1): 25-35. doi: 10.62622/TEIEE.025.3.1.25-35
7. Kolupaev YuE, Relina LI, Oboznyi AI, Ryabchun NI, Vasko NI, Kolomatska VP, Leonov OYu 2025. Stress metabolites in wheat: role in adaptation to drought. The Ukrainian Biochemical Journal. 97(3): 13-41. doi: 10.15407/ubj97.03.013
8. Fatima S, Arshad M, Chaudhari S, Ali A, Amjad MS, Kausar R. 2014. Utilization of synthetics for drought tolerance in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). International Journal of Biosciences 5 (1): 104-112. doi:10.12692/ijb/5.1.104-112.
9. Antim, Tyagi BS, Ojha A, Nain A, Sheoran S, Singh V, Singh G, Kamboj MC. 2024. Amphidiploids derived from *Thinopyrum bessarabicum* (Savul. & Rayss) Á. Löve (Poaceae) to enhance grain yield under drought and heat-drought stress. Journal of Cereal Research. 16(1): 16-25. doi:10.25174/2582-2675/2024/145000
10. Rakszegi M, Molnár I, Darkó É, Tiwari VK, Shewry P. 2020. *Aegilops*: Promising genesources to improve agronomical and quality traits of wheat. Frontiers in Plant Science. 11: 1060. doi: 10.3389/fpls.2020.01060
11. Cui L, Ren Y, Murray TD, Yan W, Guo Q, Niu Y, Sun Y, Li H. 2018. Development of perennial wheat through hybridization between wheat and wheatgrasses: a review. Engineering. Engineering. 4(4): 507-513. doi:10.1016/j.eng.2018.07.003
12. Matsuoka Y. 2011. Evolution of polyploid *Triticum* wheats under cultivation: the role of domestication, natural hybridization and allopolyploid speciation in their diversification. Plant Cell Physiol. 52(5): 750-764. doi:10.1093/pcp/pcr018.
13. Kishii M. 2019. An Update of recent use of *Aegilops* Species in wheat breeding. Frontiers in Plant Science. 10: 585. doi: 10.3389/fpls.2019.00585.
14. Charmet G. 2011. Wheat domestication: Lessons for the future. Comptes Rendus Biologies. 334(3): 212-220. doi:10.1016/j.crv.2010.12.013.

Chernobai Yu. O., Shyianova T. P., Kuzmyshyna N. V., Dokukina K. I., Bohuslavskyi R. L., Pozdniakov V. V.

Yuryev Plant Production Institute of NAAS
 142 Heroiv Kharkova Ave., Kharkiv, 61060
 ncpgru@gmail.com

WHEAT SYNTHETICS AS SOURCES OF DROUGHT TOLERANCE DURING THE GERMINATION PHASE

Aim. To compare tolerance to water deficit during the germination phase in synthetic wheat forms by evaluating them in an osmotic solution and to select the most tolerant accessions.

Results and Discussion. Drought tolerance during the germination phase was assessed for 35 synthetic wheat accessions from the collection of the National Plant Gene Bank of Ukraine in comparison with five common and durum wheat cultivars using a PEG 6000 osmotic solution. The following traits were analyzed: germination rate, number and length of primary roots, sprout length on germination days 3 and 7, as well as the fresh and dry weights of sprouts and roots. The criterion

for drought tolerance was the absence or minimal deviation of each trait's value in the osmotic solution compared to the distilled water control. The optimal PEG 6000 concentration was determined to be 15%. Among the traits characterizing seedling drought tolerance, germination rate and the number of roots on day 7 were the most informative. Of the tested cultivars, durum winter wheat cv. 'Kontynent' was the most drought-tolerant, while the durum spring wheat cv. 'Spadshchyna' was significantly less tolerant. Among the synthetics, the most drought-tolerant accessions were UA0500044, UA0500064, and IU070452, which equaled or exceeded the control cv. 'Kontynent'. These accessions are promising sources for breeding for drought tolerance.

Conclusions. The most informative indicators of seedling drought tolerance were determined to be germination rate and root number on germination day 7. Less informative traits included root length on days 3 and 7, root number on day 3, sprout length on day 3, and fresh weights of roots and sprouts. Durum winter wheat cv. 'Kontynent' proved to be the most drought-tolerant, while durum spring wheat cv. 'Spadshchyna' was significantly less resistant. The synthetic forms 'PAG 7' (UA050004), UA050006, and IU070452 demonstrated high drought tolerance and are recommended as promising sources of this trait for breeding.

Keywords: wheat synthetics, drought tolerance, seedlings, osmotic stress, PEG 6000.

УДК 631.527:633.367.1

DOI: 10.36814/pgr.2025.37.04

Бардаков В. А.

*Інститут сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН
вул. Шевченка, 97, Чернігів, 14027, Україна
E-mail: isgmav@ukr.net*

ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ СКРИНІНГУ КОЛЕКЦІЙНИХ ЗРАЗКІВ ГЕНОФОНДУ ЛЮПИНУ (*LUPINUS L.*) В УМОВАХ ЛІВОБЕРЕЖНОГО ПОЛІССЯ УКРАЇНИ

Викладено результати вивчення 307 колекційних зразків генофонду люпину Інституту сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН різного еколого-географічного походження в умовах Лівобережного Полісся України за цінними господарськими ознаками, протягом 2021–2025 років. Оцінку колекційних зразків проводили на звичайному та інфекційному фузаріозному фоні у польових та лабораторних умовах. На основі аналізу та узагальнення результатів вивчення було виділено джерела ранньостиглості, високої насінневої продуктивності, стійкості до фузаріозу та антракнозу, високого вмісту білку у насінні. Отримані дані доповнили інформаційну базу ознакової колекції люпину (свідоцтво №57, від 23.12.2008 року), яка включає 180 зразків жовтого, білого, вузьколистого та мутабільного видів з 10 країн світу, з високим оптимальним або низьким проявом 8 господарсько-цінних ознак. Сформовано робочу колекцію генофонду люпину вузьколистого, що включає 44 зразки і містить інформацію про джерела корисних ознак, які підібрані відповідно до умов зони Полісся України і сучасних напрямів селекції. Підготовано каталог, в якому наведено характеристику 75 колекційних зразків люпину білого за ознаками ранньостиглості, насінневої продуктивності, урожайності зеленої маси, висоти рослин та стійкості до хвороб.

Ключові слова: люпин, генофонд, колекційний зразок, ранньостиглість, насіннева продуктивність, фузаріоз, антракноз, вміст білку.