УДК 581.1:633.1 https://doi.org/10.7124/FEEO.v39.1832

МОРОЗОВА А. Ю.[1]
НАРГАН Т. П.[2]
ЧЕБОТАР С. В.[1, 2]

[1] *Одеський національний університет імені І.І. Мечникова, Україна, 65001, м. Одеса, вул. Всеволода Змієнка, 2*
[2] *Селекційно-генетичний інститут – Національний центр насіннєзнавства та сортовивчення НААН), Україна, 65036, м. Одеса, Овідіопольська дорога, 3*
✉ s.v.chebotar@onu.edu.ua

ТОЛЕРАНТНІСТЬ ПШЕНИЦІ ДО ОСМОТИЧНОГО СТРЕСУ НА ЮВЕНІЛЬНІЙ СТАДІЇ РОЗВИТКУ

Мета. Оцінити рівень толерантності десяти сортів пшениці м'якої озимої селекції СГІ-НЦНС до осмотичного стресу, змодельованого 12% розчином PEG 6000, для виділення адаптованих генотипів на ювенільній стадії. ***Методи.*** Лабораторний метод експрес-скринінгу селекційного матеріалу на стійкість до водного дефіциту, морфометричний аналіз вегетативних органів, однофакторний дисперсійний аналіз (ANOVA), розрахунок інтегрального індексу толерантності (IT_x). ***Результати.*** У контрольних умовах відмінності між сортами були незначущими ($p > 0,05$). Осмотичний стрес викликав суттєву диференціацію генотипів за морфометричними параметрами ($p < 0,05$). Найвищу адаптивність продемонстрували лінія Еритроспермум 2437/16 ($IT_x = 0,81$) та сорт Величава ($IT_x = 0,78$), зберегши стабільність ростових процесів органів в умовах дефіциту вологи. Найбільш чутливим до стресу виявився сорт Наснага ($IT_x = 0,57$) через значне уповільнення розвитку підземних і надземних органів. ***Висновки.*** Моделювання стресу 12% розчином PEG 6000 та оцінка інтегрального індексу толерантності дозволяють ефективно скринінгувати стійкість рослин до водного дефіциту на ювенільній стадії. Виділені толерантні генотипи є цінним вихідним матеріалом для селекції. Результати дисперсного аналізу ($p < 0,05$) підтвердили достовірність отриманих даних, а чітке розмежування генотипів за інтегральним індексом толерантності (IT_x) засвідчило ефективність підходу.

Ключові слова: *Triticum aestivum* L., осмотичний стрес, посухостійкість, ювенільна стадія.

Сучасні тенденції глобальних змін клімату супроводжуються значним підвищенням середньорічних температур та дестабілізацією режиму зволоження агроекосистем. Для провідних сільськогосподарських регіонів України, зокрема Центрального Лісостепу, це проявляється у суттєвому зростанні частоти й інтенсивності повітряних та ґрунтових посух. Складні ситуації з врожайністю сільсько-господарських рослин в аграрному секторі загострюється через масштабні екологічні кризи та наслідки воєнних дій. Як зазначають дослідники, «війна загрожує 18% захисних насаджень у східному агролісомеліоративному регіоні України», що призводить до руйнування мікроклімату полів та посилення термічного стресу. Це робить завдання селекції посухостійких сортів пшениці м'якої озимої стратегічно пріоритетним (Pykalo et al., 2020; Kharchenko et al., 2024).

З метою прискорення селекційного процесу та первинного скринінгу толерантних генотипів науковці дедалі частіше використовують лабораторні експрес-методики для скринінгу селекційного матеріалу. В основі таких методик часто лежить багатовимірний аналіз морфометричних ознак проростків на ювенільній стадії розвитку, оскільки саме на початкових етапах онтогенезу закладається загальний адаптивний потенціал рослинного організму. Зокрема, для відтворення умов водного дефіциту в лабораторній практиці активно застосовують методику моделювання осмотичного стресу *in vitro*. Такий підхід дає змогу повністю ізолювати вплив посухи від супутніх неконтрольованих чинників довкілля та забезпечує високу точність і однорід-

© 2026 Морозова А. Ю., Нарган Т. П., Чеботар С. В. This work is licensed under CC BY 4.0. To view a copy of this license, visit https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

ність стресового навантаження на кожну дослідну одиницю (Pykalo et al., 2020; Ahmed et al., 2025).

Критична оцінка існуючих моделей осмотичного стресу доводить, що використання саме високомолекулярного поліетиленгліколю, зокрема PEG 6000 має суттєві переваги над іншими агентами, які використовуються для моделювання осмотичного стресу. На відміну від сольових розчинів таких, як NaCl чи KCl, які окрім осмотичного тиску викликають небажану іонну токсичність і порушують іонний гомеостаз клітини, PEG 6000 діє виключно на біофізичному рівні. Завдяки високій молекулярній масі, його молекули не здатні проникати крізь напівпроникні мембрани клітин кореня і залишаються в живильному розчині, зв'язуючи молекули води. Це дає змогу моделювати дефіцит доступної для рослин вологи, що відповідає зниженню матричного потенціалу ґрунту в умовах природної посухи (Licaj et al., 2023).

Визначена пряма кореляційна залежність між лінійними морфометричними параметрами проростків та їхньою загальною толерантністю до водного дефіциту (Ahmed et al., 2025). Оскільки здатність кореневої системи до інтенсивного видовження в пошуках вологи та збереження темпів росту колеоптиля є визначальними для виживання проростка, ці показники відображають певну життєздатність генотипу. Науковці почали використовувати довжину ембріональних коренів та пагонів, а також ступінь їхнього інгібування стресом, у ролі прямих маркерів для первинного експрес-скринінгу селекційного матеріалу на посухостійкість (Haque et al., 2020).

Також показано, що генотипи з вищою адаптаційною пластичністю клітинних структур, здатні значно ефективніше контролювати процеси транспірації, оптимізуючи витрату вологи в умовах її обмеженої доступності (Licaj et al., 2023; Licaj et al., 2024).

Адаптація до водного дефіциту має динамічний характер і супроводжується значною сортовою варіативністю. Показано, що у різних сортів можуть виявлятися несхожі фізіолого-біохімічні стратегії пристосування, спрямовані на збереження клітинного гомеостазу за умов короткочасного осмотичного стресу (Wang et al., 2016). Первинним індикатором розвитку деструктивних процесів у рослинному організмі є стан його фотосинтетичного апарату. Поєднання класичного біохімічного аналізу метаболітів із високочутливим методом вимірювання індукції флуоресценції хлорофілу-*a* дозволяє ефективно реєструвати функціональні порушення у фотосистемі II та оцінювати ступінь фотоінгібування. Таким чином фотосинтетичні параметри виступають біомаркерами раннього фізіологічного відгуку, які фіксують настання стресового стану ще до появи перших візуальних ознак пошкодження тканин або в'янення рослин (Peršić et al., 2022).

Клітинні механізми осморегуляції базуються на складній взаємодії поліамінів та оксиду азоту (NO), які відіграють ключову роль у стимуляції накопичення захисних сполук (Sakr et al., 2026). Інтенсивне ендогенне накопичення таких сумісних осмолітів, як пролін та гліцинбетаїн, забезпечує ефективне нівелювання клітинного токсикозу, стабілізацію мембранних структур та підтримання ростових процесів рослин під дією абіотичних чинників (Peršić et al., 2022). На глибшому молекулярному рівні відповідь проростків пшениці на осмотичний стрес супроводжується значним перепрограмуванням транскриптому, що відображає комплексну перебудову клітинних процесів (Eltaher et al., 2023).

Для узагальнення та об’єктивної інтерпретації великих обсягів різнопланових фізіологічних і генетичних показників у сучасній селекції широко використовують інтегральні індекси та методи багатовимірного статистичного аналізу. Це дає змогу ефективно поєднувати фенотипові та молекулярні характеристики й підвищувати точність відбору посухостійких генотипів (Pykalo et al., 2020; Schierenbeck et al., 2023).

У нашому дослідженні для оцінки адаптивного потенціалу та експрес-діагностики сучасних сортів пшениці м’якої озимої на ранніх етапах онтогенезу було обрано метод індукованого осмотичного стресу з використанням 12% розчину поліетиленгліколю (PEG 6000). Дана концентрація репрезентує збалансований рівень стресового навантаження серед описаних у світовій науковій практиці.

Метою дослідження було визначення рівня толерантності низки сортів пшениці м’якої озимої до осмотичного стресу, викликаного дією поліетиленгліколю (PEG 6000), який використовується як модельний агент для імітації дефіциту вологи. У ході дослідження оцінювали вплив стресових умов на основні показники росту та розвитку проростків, а саме на довжину коренів, пагонів та колеоптилів.

Матеріали і методи

Досліджували насіння десяти сортів пшениці м'якої озимої, а саме сортів: Наснага (2014), Зиск (2014), Дачнянка (2019), Окраса (2022), Епітет (2023), Сага (2024), Січ (2017), Кубок (2015), Еритроспермум 2437/16 (2023) та Величава (2021). Насіннєвий матеріал був наданий старшим науковим співробітником лабораторії селекції інтенсивних сортів пшениці Селекційно-генетичного інституту – Національного центру насіннєзнавства та сортовивчення (м. Одеса) - кандидатом сільськогосподарських наук Т. П. Нарган.

Дослідження фізіологічної реакції на осмотичний стрес передбачало вирощування 25 насінин кожного сорту у двох паралельних серіях: 1) в умовах осмотичного стресу, для цього застосовували 12% розчин PEG 6000 і 2) в контрольних умовах насіння пророщували на фільтрувальному папері змоченому у дистильованій воді. Обґрунтуванням вибору саме такої концентрації поліетиленгліколю є можливість відтворення дефіциту вологи, характерного для посушливих умов, що призводить до пригнічення енергії проростання та затримки розвитку вегетативних структур й рекомендовано (Licaj et al., 2023). Зерна розміщали зародком догори на фільтрувальному папері з кроком 1,5 см. Для пророщування насіння формували паперові рулони, які розміщали у поліетиленових пакетах із забезпеченням вільного повітрообміну. Насіння пророщували в трьох повторностях при температуру 21 ± 2 °C: перші три доби - у повній темряві, а наступні п'ять діб - за 12-годинного фотоперіоду. Після завершення 8-добового періоду пророщування вимірювали морфометричні показники проростків, а саме: довжину коренів, пагонів та колеоптелів. На основі середніх величин морфометричних параметрів для кожного окремого повтору розраховано узагальнені середні показники довжини коренів, пагонів та колеоптилів для кожного досліджуваного генотипу.

Статистичну достовірність міжсортових відмінностей за довжиною коренів, пагонів та колеоптелів оцінювали шляхом застосування однофакторного дисперсійного аналізу ANOVA. Цей метод використовували для перевірки припущення про відсутність суттєвих розбіжностей між середніми значеннями досліджуваних морфометричних показників для різних сортів на рівні значущості 0,05. Для виявлення істотних відмінностей між окремими сортами застосовували критерій найменшої істотної різниці (HIP), як рекомендовано (Sallam et al., 2024).

Для кількісної оцінки стійкості кожного сорту до осмотичного стресу розраховували індекс толерантності. Показник визначали як співвідношення значень відповідних морфометричних параметрів у стресових умовах до їх величин у контрольному варіанті. З метою отримання узагальненої характеристики розраховували інтегральний індекс толерантності як середнє арифметичне трьох окремих показників для довжини кореня, пагона та колеоптиля. Зазначений метод є доцільним, оскільки всі часткові індекси є безрозмірними величинами, нормалізованими шляхом співвідношення стресового та контрольного варіантів. Вважали, що такий підхід значно спрощує порівняльний аналіз і є зручним інструментом для проведення скринінгу генотипів.

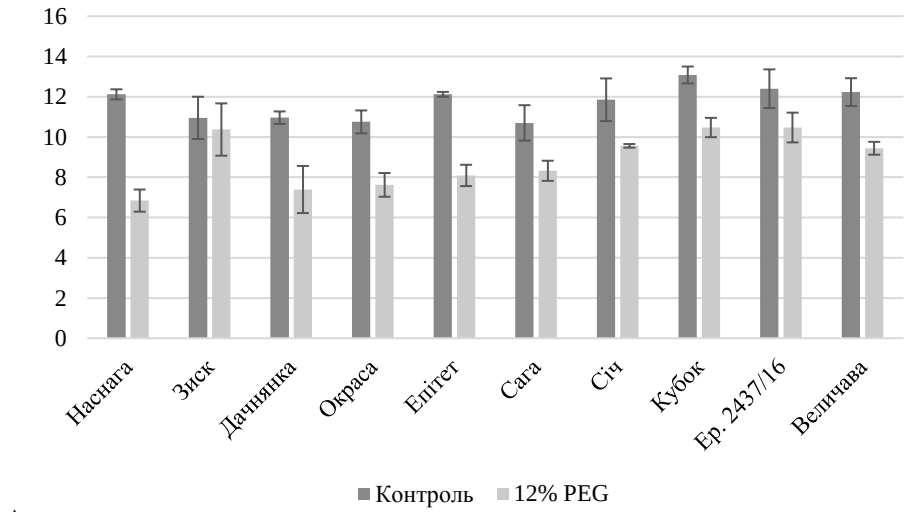
Інтегральний індекс толерантності дає змогу оцінити загальну реакцію проростка як цілісної біологічної системи, тоді як окремі морфометричні параметри характеризують лише частину адаптивної відповіді. Враховуючи, що посухостійкість є складною полігенною ознакою, яка формується за участю різних органів рослини, для комплексної оцінки стійкості сортів до осмотичного стресу було доцільним застосувати розрахунок інтегрального індексу на основі індексів толерантності коренів, пагонів та колеоптилів.

Результати та обговорення

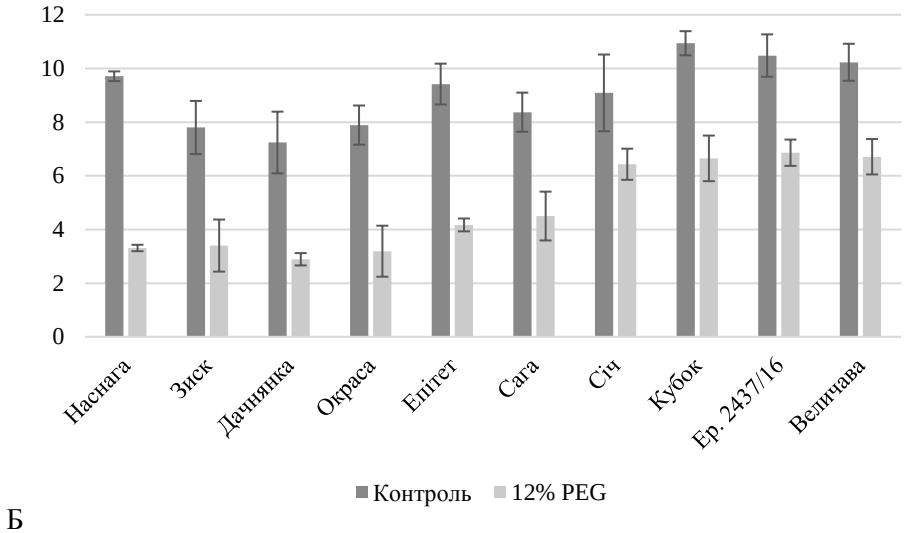
Аналіз морфометричних показників проростків пшениці дозволив оцінити адаптивний потенціал десяти досліджуваних генотипів як в умовах оптимального зволоження, так і за дії змодельованого осмотичного стресу (12% - PEG 6000).

Порівняльна оцінка вихідних морфометричних параметрів не показала суттєвих розбіжностей між генотипами в контролі ($p > 0,05$). Однак моделювання осмотичного стресу шляхом внесення 12% розчину PEG 6000 зумовило статистично значущу диференціацію сортів за реакцією на стрес ($p < 0,05$), що свідчить про їхню різну стійкість.

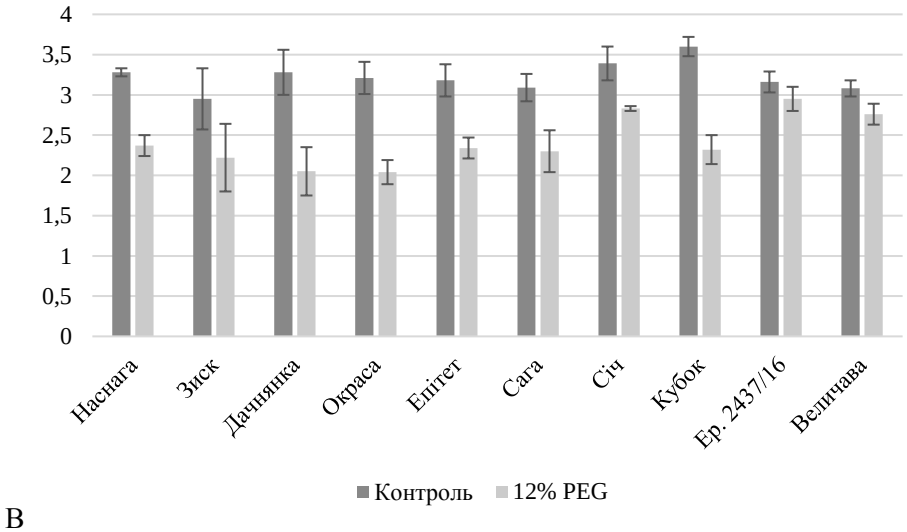
Для всіх досліджених генотипів пшениці загальною закономірністю стало пригнічення ростових процесів під дією осмотичного стресу, проте ступінь цього пригнічення суттєво варіював залежно від сорту. Зокрема, щодо розвитку підземних органів (рис. А), довжина кореневої системи в середньому скоротилася на 24%.



А



Б



В

Рис. Середні значення довжин: А – коренів; Б – пагонів; В – колеоптелів паростків сортів пшениці за контрольних умов та на 8 день росту в умовах осмотичного стресу, змодельованого 12% розчином PEG 6000; «вуса» відповідають стандартній похибці середнього арифметичного.

При цьому сорт Зиск продемонстрував найвищу стійкість, для нього зафіксоване мінімальне зниження показника на 6%, тоді як за абсолютною довжиною коренів в умовах стресу лідерами стали сорт Кубок та лінія Еритроспермум 2437/16 (10,5 см), довжина коренів яких перевищує результати низки інших сортів.

Надземна частина рослин виявилася чутливішоюою до дефіциту вологи, спостерігали скорочення довжини пагонів в середньому на 48 % (рис. Б). Вищі значення довжини пагона в стресових умовах були зафіксовані у лінії Еритроспермум 2437/16 (6,9 см) та сорту Величава (6,7 см) порівняно з групою інших досліджених зразків, тоді як сорт Січ вирізнявся найменшим зменшенням довжини пагона з 9,1 см у контролі до 6,4 см за умов стресу..

Аналіз довжини росту колеоптиля (рис. В) підтвердив негативний вплив осмотичного стресу на розвиток проростків. Особливо чутливим до дії PEG 6000 виявився сорт Наснага, довжина кореня скоротилася на 44%, а довжина пагона – на 66%. Такі результати вказують на знижену адаптивну здатність цього генотипу до водного дефіциту на ранніх етапах онтогенезу.

Аналіз індексів толерантності (ІТ) за морфометричними показниками виявив суттєву генотипову диференціацію реакцій на осмотичний стрес. Найбільшу стабільність кореневої системи продемонстрував сорт Зиск (ІТ = 0,86), що свідчить про ефективну адаптивність підземних органів, тоді як сорт Наснага виявився найбільш чутливим за цим параметром (ІТ = 0,56). У контексті розвитку надземної частини найвищі показники толерантності зафіксовано у лінії Еритроспермум 2437/16 (ІТ = 0,65), що підтверджує здатність цього генотипу підтримувати інтенсивність росту пагона навіть за несприятливих умов. Поряд із цим, висока стабільність колеоптиля, характерна для сорту Січ (ІТ = 0,81), вказує на наявність специфічних механізмів адаптивності до осмотичного стресу на ранніх етапах онтогенезу проростків.

Використання інтегрального індексу толерантності ($ІТ_х$) дозволило узагальнити отримані дані та диференціювати генотипи за їхнім загальним адаптивним потенціалом. Найвищі значення $ІТ_х$ отримано для лінії Еритроспермум 2437/16 (0,81) та сорту Величава (0,78), що вказує на хорошу адаптивну реакцію на стрес і підтверджує перспективність використання цих зразків у селекції на посухостійкість. Натомість сорт Наснага продемонстрував мінімальний інтегральний $ІТ_х$ (= 0,57), що показало його знижену адаптивну здатність до осмотичного стресу (табл.).

Інтегральний підхід засвідчив, що виділена група високотолерантних генотипів може мати комплексний захисний механізм, який забезпечує відносну стабільність ростових процесів як підземних, так і надземних органів.

Таблиця. Індекси толерантності до змодельованого осмотичного стресу визначені для паростків сортів пшениці на 8 день експерименту

Сорт	ІТ_корінь	ІТ_пагін	ІТ_колеоптиль	$ІТ_х$
Наснага	0,56	0,34	0,72	0,54
Зиск	0,94	0,42	0,74	0,7
Дачнянка	0,67	0,41	0,62	0,57
Окраса	0,71	0,39	0,64	0,58
Епітет	0,67	0,44	0,74	0,62
Сага	0,79	0,53	0,74	0,69
Січ	0,82	0,73	0,84	0,8
Кубок	0,8	0,61	0,65	0,69
Еритроспермум 2437/16	0,86	0,67	0,94	0,82
Величава	0,78	0,67	0,9	0,78
$НІР_{0,05}$	0,21	0,24	0,16	0,17

Примітки: $ІТ_х$ – інтегральний індекс толерантності, $НІР_{0.05}$ – найменша істотна різниця на 5%-му рівні значущості.

Для комплексної оцінки толерантності сортів розраховували інтегральний індекс толерантності (IT_x), який визначали як середнє трьох повторів через середнє арифметичне розраховане для індексів толерантності кореня, пагона та колеоптиля для кожної повторності експерименту. За цим показником найбільш толерантними до осмотичного стресу виявилися лінія Еритроспермум 2437/16, сорти Січ і Величава, вони достовірно перевищували сорти Наснага, Дачнянка, Окраса, до того ж Еритроспермум 2437/16 і Січ перевищували за інтегральним індексом толерантності і сорт Епітет.

За порівняння результатів нашого дослідження із результатами, отриманими (Kuzmina, 2024), показано наявність як спільних закономірностей, так і певних розбіжностей в оцінці стійкості досліджуваних генотипів. В обох дослідженнях відбувається типове для ювенільної стадії пригнічення ростових процесів за умов змодельованого осмотичного стресу (12%-PEG 6000) із домінуючою чутливістю надземної частини порівняно з підземними органами. Запропонована методика дозволяє ідентифікувати та диференціювати зразки з різними рівнями стійкості до осмотичного стресу на ювенільній стадії. Наприклад, у дослідженні (Kuzmina, 2024) також можливо було диференціювати сорти з низькою стійкістю до посухи на ювенільній стадії, такими сортами виявилися: Анатолія, що стабільно показує найнижчу посухостійкість (IT_x = 0,31), та Кохана (IT_x = 0,64), який належить до групи низькостійких через різке гальмування росту коренів і пагонів під дією 12% PEG 6000. Водночас, виділяли і сорти, які демонстрували високий рівень толерантності до осмотичного стресу: Росинка (IT_x = 0,96) і Соборна (IT_x = 0,88). Порівнюючи результати нашого дослідження з літературними даними (Landjeva et al., 2008), можна констатувати, що дія 12% розчину PEG 6000 викликає закономірне пригнічення ростових процесів та більшу затримку у розвитку надземної частини рослин порівняно з підземними органами. Водночас, якщо у (Landjeva et al., 2008) зафіксовано загальне збільшення довжини колеоптиля під дією стресу, то у нашому експерименті аналіз довжини колеоптиля визначив негативний вплив 12% PEG з можливістю визначити як чутливі, так і стабільні зразки. Виявлена нами значна генотипова диференціація та варіабельність реакцій сортів, на стресові умови свідчать про наявність суттєвих відмінностей у рівні толерантності генотипів, зокрема високу стійкість кореневої системи сорту Зиск та найвищий рівень стресостійкості лінії Еритроспермум 2437/16.

Висновки

В умовах оптимального зволоження між десятьма досліджуваними генотипами пшениці не виявлено статистично значущих відмінностей за морфометричними параметрами паростків на ювенільній стадії розвитку. Натомість застосування 12% розчину PEG 6000 для моделювання осмотичного стресу спричинило загальне пригнічення ростових процесів, що дозволило здійснити диференціацію сортів за рівнем їхньої толерантності до стресу. Виявлена варіабельність реакцій, зокрема виокремлення генотипів із відносно вищими показниками довжини кореневої системи та пагонів в умовах дефіциту вологи, вказує на суттєві відмінності в їхньому толерантному потенціалі. Отримані результати дали змогу визначити генотипи – лінію Еритроспермум 2437/16 і сорт Січ як найбільш толерантні до умов осмотичного стресу на ювенільній стадії розвитку, а також виявити чутливі сорти, що демонстрували значне пригнічення ростових процесів під впливом осмотичного стресу – Наснага, Дачнянка, Окраса.

Інформація про фінансову підтримку, подяки: відсутня.

Конфлікт інтересів: автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

References

1. Ahmed K., Shabbir G., Ahmed M. Exploring drought tolerance for germination traits of diverse wheat genotypes at seedling stage: a multivariate analysis approach. *BMC Plant Biology*. 2025. Vol. 25. Art. 390. https://doi.org/10.1186/s12870-025-06345-9.
2. Cristina D., Ciuca M., Mandea V., Cornea C. P. Assessment of 25 genes reported to influence thousand grain weight in winter wheat germplasm. *Cereal Research Communications*. 2022. Vol. 50 (2). P. 237–243. https://doi.org/10.1007/s42976-021-00170-0.
3. Eltaher S., Hashem M., Ali A., Baenziger P. S. Effectiveness of TaDreb-B1 and 1-FEH w3 KASP markers in spring and winter wheat populations for marker-assisted selection to improve drought tolerance. *International Journal of Molecular Sciences*. 2023. Vol. 24 (10). Art. 8986. https://doi.org/10.3390/ijms24108986.
4. Haque M. S., Saha N. R., Islam M. T., Islam M. M. Screening for drought tolerance in wheat genotypes by morphological and SSR markers. *J. Crop Sci. Biotechnol.* 2021. Vol. 24 (1). P. 45–55. https://doi.org/10.1007/s12892-020-00036-7.

5. 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. Vol. 8 (1). P. 22–30. https://doi.org/10.31867/2523-4544/0307. [in Ukrainian]
6. Kuzmina O. V. Drought resistance of Kherson bread wheat varieties at the juvenile stage of development under conditions of induced osmotic stress and marker analysis. Master's thesis. Odesa Mechnikov National University. Odesa, 2024. 105 p. Retrieved from: https://dspace.onu.edu.ua/items/da28a47a-0317-465a-b17e-0ff5506d1c3f [in Ukrainian].
7. Landjeva S., Neumann K., Lohwasser U., Börner A. Molecular mapping of genomic regions associated with wheat seedling growth under osmotic stress. *Biologia Plantarum*. 2008. Vol. 52, No. 2. P. 259–266. https://doi.org/10.1007/s10535-008-0056-x.
8. Licaj I., Di Meo M. C., Fiorillo A., Samperna S., Marra M., Rocco M. Comparative analysis of the response to polyethylene glycol-simulated drought stress in roots from seedlings of "modern" and "ancient" wheat varieties. *Plants*. 2023. Vol. 12, No. 3. Art. 428. https://doi.org/10.3390/plants12030428.
9. Licaj I., Fiorillo A., Di Meo M. C., Varricchio E., Rocco M. Effect of polyethylene glycol-simulated drought stress on stomatal opening in "modern" and "ancient" wheat varieties. *Plants*. 2024. Vol. 13, No. 11. Art. 1575. https://doi.org/10.3390/plants13111575.
10. Peršić V., Ament A., Antunović Dunić J., Drezner G., Cesar V. PEG-induced physiological drought for screening winter wheat genotypes sensitivity – integrated biochemical and chlorophyll a fluorescence analysis. *Frontiers in Plant Science*. 2022. Vol. 13. Art. 987702. https://doi.org/10.3389/fpls.2022.987702.
11. Pykalo S. V., Demydov O. A., Yurchenko T. V., Prokopik N. I., Humeniuk O. V. *In vitro* screening of promising winter common wheat lines for tolerance to water deficit. *Factors in Experimental Evolution of Organisms*. 2020. Vol. 26. P. 245–251. https://doi.org/10.7124/FEEO.v26.1274 [in Ukrainian].
12. Sakr M. A., El-Khateeb E. A., Sayed-Ahmed H. I., Gaafar R. M. Assessment of key transcription factors and drought-responsive genes in wheat cultivars under drought stress. *Journal of Genetic Engineering and Biotechnology*. 2026. Vol. 24 (1). Art. 100657. https://doi.org/10.1016/j.jgeb.2026.100657.
13. Sallam M., Ghazy A., Al-Doss A., Al-Ashkar I. Combining genetic and phenotypic analyses for detecting bread wheat genotypes of drought tolerance through multivariate analysis techniques. *Life*. 2024. Vol. 14 (2). Art. 183. https://doi.org/10.3390/life14020183.
14. Schierenbeck M., Alqudah A. M., Thabet S. G., Lohwasser U., Simón M. R., Börner A. Association mapping unravels the genetics controlling seedling drought stress tolerance in winter wheat. *Frontiers in Plant Science*. 2023. Vol. 14. Art. 1061845. https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1061845.

MOROZOVA A. Y.[1], NARGAN T. P.[2], CHEBOTAR S. V.[1,2]
[1] Odesa I. I. Mechnikov National University,
Ukraine, Odesa, 65001, Vsevoloda Zmiienka str, 2
[2] Plant Breeding and Genetics Institute – National Center of Seed and Cultivar Investigation of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine),
Ukraine, Odesa, 65036, Ovidiopolska rd., 3

OSMOTIC STRESS TOLERANCE AT THE JUVENILE DEVELOPMENTAL STAGE OF WHEAT

Aim. To evaluate the level of tolerance of ten winter soft wheat varieties bred by the SGI-NCNS to osmotic stress simulated by a 12% PEG 6000 solution, to identify adaptive juvenile genotypes. ***Methods.*** Laboratory rapid screening method for breeding material for water deficit, morphometric analysis of vegetative organs, one-way analysis of variance (ANOVA), and calculation of the integrated tolerance index (IT_x). ***Results.*** Under control conditions, differences among varieties were non-significant ($p > 0.05$). Osmotic stress caused significant differentiation of genotypes by morphometric parameters ($p < 0.05$). The highest adaptability was demonstrated by the line Erythrospermum 2437/16 ($IT_x = 0.81$) and the cultivar Velychava ($IT_x = 0.78$), maintaining the stability of organ growth processes under moisture deficit conditions. The cultivar Nasnaha proved to be the most sensitive to stress ($IT_x = 0.57$) due to a significant slowdown in the development of underground and aboveground organs. ***Conclusions.*** Modeling stress with 12% PEG 6000 and evaluating integrated tolerance index effectively screens juvenile plant water deficit tolerance. Identified tolerant genotypes offer valuable source material for breeding. The results of the analysis of variance ($p < 0.05$) confirmed the reliability of the obtained data, while the clear differentiation of genotypes by the integrated tolerance index (IT_x) demonstrated the effectiveness of approach.
Keywords: *Triticum aestivum* L., osmotic stress, drought tolerance, juvenile stage.

Надходження статті: 25 червня 2026 р.
Прийняття до друку після рецензування: 20 серпня 2026 р.
Публікація: 30 листопада 2026 р.