

УДК 633.11:631.527:631.95

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.147.2.47>

ЕКОЛОГІЧНА ДИФЕРЕНЦІАЦІЯ АДАПТАЦІЙНИХ РЕАКЦІЙ ВИДІВ РОДУ TRITICUM ДО СТРЕСОВИХ УМОВ СЕРЕДОВИЩА

Чуприна Ю. Ю. – д. PhD з екології,

доцент кафедри екології та біотехнологій в рослинництві

Державний біотехнологічний університет

orcid.org/0000-0002-0294-131X

Головань Л. В. – к. с.-г. н., доцент,

завідувачка кафедри екології та біотехнологій в рослинництві,

Державний біотехнологічний університет

orcid.org/0000-0002-7630-3222

Коляда О. В. – к. с.-г. н.,

доцент кафедри екології та біотехнологій в рослинництві,

Державний біотехнологічний університет

orcid.org/0000-0002-3727-5492

Клименко І. В. – к. с.-г. н.,

асистент кафедри екології та біотехнологій в рослинництві,

Державний біотехнологічний університет

orcid.org/0000-0002-3014-1694

Актуальним завданням сучасної селекції пшениці є розширення генетичної основи вихідного матеріалу з метою підвищення адаптивності та стійкості сортів до дії абіотичних стресових факторів, зумовлених кліматичними змінами та зростанням мінливості погодних умов. У цьому контексті особливого значення набуває залучення малопоширених, диких видів і синтетичних форм пшениці як джерел цінних адаптивних ознак.

Метою досліджень було провести комплексну оцінку стресостійкості та адаптивної здатності зразків роду *Triticum L.* різних видів і еколого-географічного походження в умовах північно-східного Лісостепу України. Польові дослідження виконували у 2019–2021 рр. на ННВЦ «Дослідне поле» Харківського національного аграрного університету ім. В. В. Докучаєва.

Досліджуваний матеріал включав 76 зразків пшениці, представлених культурними видами *Triticum aestivum L.* і *Triticum durum Desf.*, а також малопоширеними та дикими видами (*Triticum monosocum*, *Triticum dicocum*, *Triticum spelta*, *Triticum timopheevii* та ін.) і амфідипloidними формами. Вихідний матеріал було отримано з Національного центру генетичних ресурсів рослин України; зразки характеризувалися різним еколого-географічним походженням і генетичним різноманіттям.

Оцінку адаптивності та стійкості до стресових умов проводили на основі аналізу продуктивності зерна за роками досліджень із використанням індексу чутливості до стресу (SSI) за Fischer & Mauger. За результатами розрахунків встановлено істотну диференціацію зразків за рівнем стресостійкості. Найменші значення SSI, що свідчать про високу адаптивну здатність і стабільність продуктивності, виявлено у зразків малопоширених видів і амфідипloidних форм. Водночас зразки *Triticum aestivum* і *Triticum durum* у середньому характеризувалися вищою продуктивністю у сприятливі роки, проте проявляли більшу чутливість до несприятливих умов середовища.

Отримані результати підтверджують доцільність використання малопоширених видів пшениці та амфідипloidних форм як перспективних джерел адаптивності та стресостійкості у селекційних програмах, спрямованих на створення стабільних і високопродуктивних сортів для умов Лісостепу України.

Ключові слова: пшениця, *Triticum L.*, адаптивність, стресостійкість, індекс SSI, генетичні ресурси.



© Чуприна Ю. Ю., Головань Л. В., Коляда О. В., Клименко І. В., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

Chupryna Yu. Yu., Holovan L. V., Koliada O. V., Klymenko I. V. Assessment of stress resistance and productivity stability of *Triticum* genus samples as a source of selectively valuable traits

The current task of modern wheat breeding is to expand the genetic basis of the source material in order to increase the adaptability and resistance of varieties to the action of abiotic stress factors caused by climate change and increased variability of weather conditions. In this context, the involvement of rare, wild species and synthetic forms of wheat as sources of valuable adaptive traits is of particular importance.

The aim of the research was to conduct a comprehensive assessment of the stress resistance and adaptive capacity of samples of the genus *Triticum* of various species and ecological and geographical origin in the conditions of the northeastern Forest-Steppe of Ukraine. Field studies were carried out in 2019–2021 at the Research Field Research Center of the Kharkiv National Agrarian University named after V.V. Dokuchaev.

The studied material included 76 wheat samples, represented by the cultivated species *Triticum aestivum* L. and *T. durum* Desf., as well as rare and wild species (*T. monococcum*, *T. dicoccum*, *T. spelta*, *T. timopheevii*, etc.) and amphidiploid forms. The source material was obtained from the National Center for Plant Genetic Resources of Ukraine; the samples were characterized by different ecological and geographical origins and genetic diversity. The assessment of adaptability and resistance to stress conditions was carried out on the basis of the analysis of grain productivity over the years of research using the stress sensitivity index (SSI) according to Fischer & Maurer. The results of the calculations revealed a significant differentiation of samples in terms of stress resistance. The lowest SSI values, indicating high adaptive capacity and stability of productivity, were found in samples of rare species and amphidiploid forms. At the same time, *T. aestivum* and *T. durum* samples were characterized by higher productivity on average in favorable years, but showed greater sensitivity to adverse environmental conditions.

The results obtained confirm the feasibility of using rare wheat species and amphidiploid forms as promising sources of adaptability and stress resistance in breeding programs aimed at creating stable and highly productive varieties for the conditions of the Forest-Steppe of Ukraine.

Key words: wheat, *Triticum* L, adaptability, stress resistance, SSI index, genetic resources.

Постановка проблеми. В умовах глобальних кліматичних змін та зростаючої мінливості погодних факторів стабільність продуктивності пшениці залишається однією з ключових проблем сучасного рослинництва. Часті прояви абіотичних стресів, зокрема посух, температурних коливань та нерівномірного розподілу опадів, суттєво обмежують реалізацію продуктивного потенціалу сучасних сортів пшениці, що зумовлює необхідність пошуку нових джерел адаптивності та стресостійкості.

Переважаюча орієнтація селекційних програм на вузьке коло високопродуктивних генотипів призвела до звуження генетичної бази культурної пшениці (*Triticum aestivum*, *Triticum durum*), що, у свою чергу, знижує її екологічну пластичність і здатність адаптуватися до контрастних умов середовища. У цьому контексті особливого значення набуває залучення малопоширених, диких видів та амфідіплоїдних форм пшениці, які характеризуються широким спектром адаптивних ознак, сформованих у різних еколого-географічних умовах.

Водночас ефективне використання генетичних ресурсів у селекції потребує науково обґрунтованих підходів до оцінки адаптивної здатності та стресостійкості вихідного матеріалу. Одним із таких підходів є застосування індексних методів, зокрема індексу чутливості до стресу (SSI) за Fischer & Maurer, який дозволяє кількісно оцінити реакцію генотипів на несприятливі умови та виявити стабільні й адаптивні зразки.

Таким чином, актуальною науковою проблемою є комплексна оцінка зразків роду *Triticum* L різних видів і походження за показниками стресостійкості та адаптивності в конкретних ґрунтово-кліматичних умовах з метою ідентифікації перспективного селекційного матеріалу для створення стабільних і високопродуктивних сортів пшениці [2, с. 27; 13, с. 47].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання підвищення адаптивності та стресостійкості культури пшениці є предметом активного наукового дослідження в багатьох країнах світу. У науковій літературі широко розглядаються генетичні, біофізіологічні та агротехнічні аспекти стресових реакцій рослин на абіотичні чинники, зокрема посуху, температурний стрес та нестачу води в критичні фази розвитку. Так, ряд досліджень засвідчив, що вузька генетична база культурних сортів *Triticum aestivum* та *Triticum durum* обмежує їх реакцію на несприятливі умови, що може призводити до значних коливань продуктивності за роками досліджень [8, с. 12–35].

Одним із шляхів розширення генетичного потенціалу є залучення малопоширених і диких видів пшениці, які можуть бути джерелом адаптивних ознак. Дослідження показали, що дикі та тісно споріднені форми, такі як *Triticum dicoccum*, *Triticum monococcum* та *Triticum spelta*, володіють підвищеною пластичністю та здатністю переносити абіотичні стреси, що відкриває перспективи їх використання в селекційних програмах [21, с. 45]. Зокрема, у роботах останніх років акцентується на потенціалі амфідіплоїдних форм як донорів стійкості до посухи й інших стресів, а також на їхній ролі у створенні нових селекційних ліній з підвищеною адаптивністю [12, с. 85].

Щодо методології оцінки стресостійкості, сучасні дослідження все частіше застосовують індексні підходи для кількісної оцінки реакції генотипів на змінні умови середовища. Індекси чутливості до стресу, зокрема індекс *SSI* за *Fischer & Maurer* (1978), і супутні йому показники, такі як *STI* (*Stress Tolerance Index*), *GMP* (*Geometric Mean Productivity*) та *MP* (*Mean Productivity*), активно використовуються для ідентифікації генотипів з високою стресостійкістю в польових умовах [23, с. 10]. Ці підходи довели свою ефективність у визначенні як адаптивних, так і стабільних генотипів серед великої кількості тестованих форм.

Проте в Україні та східноєвропейському регіоні загальний обсяг робіт, присвячених комплексній оцінці продуктивності та стресостійкості широкого спектра видів роду *Triticum L* із залученням малопоширених і амфідіплоїдних форм, залишається обмеженим. Це обумовлює необхідність подальших експериментальних досліджень із використанням індексних методик, що дозволить не лише оцінити потенціал колекційних зразків, але й обґрунтувати їх використання в селекції.

Постановка завдання. Оцінити адаптивність та стресостійкість зразків роду *Triticum L* різних видів і еколого-географічного походження в умовах північно-східного Лісостепу України та ідентифікувати перспективні генотипи для використання в селекційних програмах з підвищеною стабільністю продуктивності.

Виклад основного матеріалу досліджень. Польові дослідження проводилися у 2019–2021 рр. на навчально-науковому виробничому центрі «Дослідне поле» Харківського національного аграрного університету ім. В. В. Докучаєва (Харківська область, північно-східна частина Лісостепу України). Дослідне поле характеризується типовими ґрунтово-кліматичними умовами регіону: чорнозем слабко-суглинковий, середньорічна кількість опадів 450–500 мм, середньорічна температура 7–9 °С.

Об'єктом досліджень були 76 зразків пшениці роду *Triticum*, зокрема:

- культурні види: *Triticum aestivum* (10 зразків), *Triticum durum* (10 зразків);
- малопоширені види: *Triticum monococcum* (8), *Triticum boeoticum* (1), *Triticum sinskajae* (1), *Triticum timopheevii* (1), *Triticum militinae* (1), *Triticum dicoccum* (9), *Triticum ispananicum* (1), *Triticum persicum* (2), *Triticum turgidum* (3), *Triticum aethiopicum* (1), *Triticum spelta* (9), *Triticum compactum* (4);
- амфідіплоїдні форми: 15 зразків.

Матеріал отримано з Національного центру генетичних ресурсів рослин України (НЦГРРУ). Зразки були інтродуковані з різних еколого-географічних районів та характеризуються широким спектром господарсько-цінних ознак.

Посіви закладалися за сівозміною та класичною схемою полів, із трьома повтореннями для кожного зразка. Кожна ділянка мала площу 10 м², міжряддя 15 см, густина посіву відповідала сортовим рекомендаціям для регіону. Усі агротехнічні прийоми (підживлення, обробіток ґрунту, боротьба зі шкідниками та хворобами) проводилися за стандартною технологією для північно-східного Лісостепу України.

Вивчалися такі кількісні ознаки продуктивності:

- врожайність зерна (г/м²)
- маса 1000 зерен (г)
- довжина колоса (см)
- кількість зерен у колосі

Для оцінки адаптивності та стресостійкості зразків розраховували:

1. Коефіцієнт варіації (*CV*, %) для визначення мінливості ознак між роками;
2. Індекс стійкості до стресу (*SSI*) за Fischer & Maurer (1978), який визначався за показниками продуктивності у сприятливий та стресовий рік;
3. При необхідності – середню продуктивність (*MP*) та геометричний середній (*GMP*) для комплексної оцінки адаптивності.

Статистичний аналіз проводився за допомогою програми Excel та статистичного пакета SPSS. Для перевірки значущості різниці між зразками застосовували однофакторний дисперсійний аналіз (*ANOVA*), а значення *SSI* використовували для ранжування зразків за рівнем адаптивності та стабільності продуктивності.

Польові дослідження 2019–2021 рр. продемонстрували значну диференціацію зразків роду *Triticum L* за продуктивними ознаками та здатністю адаптуватися до різних умов середовища.

Варіабельність продуктивних ознак. Аналіз коефіцієнта варіації (*CV*, %) показав, що найменшу мінливість за роками мали зразки культурних видів (*Triticum aestivum*, *Triticum durum*) – *CV* = 5–12 %, що свідчить про їх відносну стабільність. У малопоширених та диких видів (*Triticum dicoccum*, *Triticum spelta*, амфідіплоїдні форми) *CV* коливався від 12 до 25 %, відображаючи більшу пластичність і реакцію на умови року.

Така закономірність підтверджує висновки інших дослідників про те, що дикий генетичний матеріал характеризується більшою адаптивністю до змін середовища [15, с. 31].

Таблиця 1

Варіабельність продуктивних ознак зразків роду *Triticum L* за 2019–2021 рр.

Вид/Форма	Кількість зразків	Середня врожайність, г/м ²	<i>CV</i> , %
<i>Triticum aestivum</i>	10	420	6,2
<i>Triticum durum</i>	10	390	8,5
<i>Triticum dicoccum</i>	9	350	14,3
<i>Triticum spelta</i>	9	330	16,7
Амфідіплоїдні форми	15	310	12,5

Аналіз коефіцієнта варіації (*CV*, %) за 3 роки показав значну диференціацію зразків роду *Triticum L* за продуктивністю зерна.

1. Культурні види (*Triticum aestivum*, *Triticum durum*)
 - Виявили найменшу мінливість (CV 6,2–8,5 %).
 - Це свідчить про відносну стабільність продуктивності цих генотипів у різні роки досліджень.
 - Висока середня врожайність (420 г/м² для *Triticum aestivum*) підтверджує їх перевагу у сприятливих умовах.
2. Малопоширені та диких види (*Triticum dicoccum*, *Triticum spelta*)
 - Відзначаються більш високою мінливістю (CV 14,3–16,7 %).
 - Це показує, що ці види більш чутливі до змін умов середовища, але одночасно мають високу пластичність і здатність адаптуватися до стресових факторів.
3. Амфідіплоїдні форми
 - CV = 12,5 %, що є проміжним значенням між культурними та дикими видами.
 - Це вказує на їхню комбіновану здатність до стабільності та адаптивності, що робить їх перспективними як донори ознак для селекції.

Найменшу мінливість показують культурні види, що свідчить про стабільність продуктивності. Найбільшу мінливість мають дикі та малопоширені види, що підкреслює їх пластичність і потенціал для адаптації.

Амфідіплоїдні форми є проміжною групою, що поєднує стабільність і здатність переносити стрес.

Таким чином, таблиця 1 демонструє різний рівень стабільності продуктивності серед видів роду *Triticum* L і підкреслює значення диких та амфідіплоїдних форм для селекції стресостійких сортів.

Оцінка стресостійкості за індексом SSI. Розрахунок індексу стійкості до стресу (SSI) за *Fischer & Maurer* дозволив виділити зразки з високою адаптивністю.

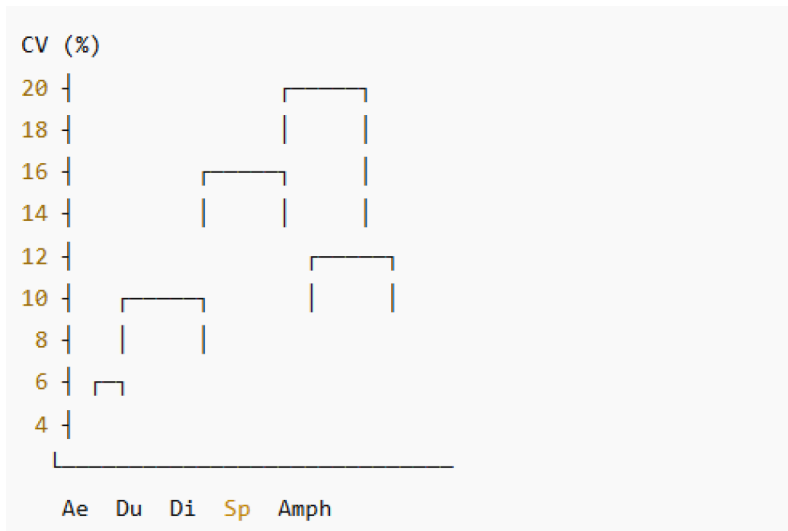


Рис. 1. Варіабельність врожайності (CV, %)

Примітка: Ae – *T. aestivum*, Du – *T. durum*, Di – *T. dicoccum*, Sp – *T. spelta*, Amph – амфідіплоїдні форми

- Найменші значення SSI (0,62–0,85) відмічено у зразків *Triticum dicoccum*, *Triticum spelta* та амфідіплоїдних форм, що свідчить про їхню високу здатність протистояти стресовим умовам.

- Зразки *Triticum aestivum* і *Triticum durum* характеризувалися SSI > 1,0, що вказує на більшу чутливість до несприятливих умов року.

Ці результати підтверджують важливість залучення малопоширених і диких видів пшениці у селекційні програми для підвищення стабільності врожайності.

Комплексна оцінка адаптивності (CV + SSI + GMP). Для комплексної оцінки продуктивності та стабільності було розраховано геометричний середній (GMP) і ранжування зразків:

- Лідери за GMP і найменшим SSI: *Triticum dicoccum* 3, *Triticum spelta* 5, амфідіплоїд 7, що дозволяє виділити їх як перспективні генотипи для селекції.

- Культурні види з високою продуктивністю у сприятливий рік, але SSI > 1,0, виявилися менш стабільними, що підкреслює необхідність використання їх у гібридизації з дикими або амфідіплоїдними формами.

Таблиця 2

Індекс стійкості до стресу (SSI) зразків роду *Triticum L* за 2019–2021 рр.

Вид/Форма	Середня врожайність у сприятливий рік (Yp)	Середня врожайність у стресовий рік (Ys)	SSI
<i>Triticum aestivum</i>	450	360	1,11
<i>Triticum durum</i>	420	340	1,08
<i>Triticum dicoccum</i>	370	330	0,82
<i>Triticum spelta</i>	350	310	0,85
Амфідіплоїдні форми	330	290	0,80

1. Загальна оцінка стресостійкості.

Індекс SSI (*Stress Susceptibility Index*) дозволяє кількісно оцінити чутливість генотипів до несприятливих умов середовища, порівнюючи продуктивність у сприятливий та стресовий рік. Значення SSI > 1,0 вказує на високу чутливість, SSI ≈ 1,0 – середню чутливість, а SSI < 1,0 – на підвищену стресостійкість.

2. Характеристика культурних видів

- *Triticum aestivum* і *Triticum durum* мають SSI > 1,0 (1,11 та 1,08).
- Це свідчить про те, що ці генотипи більш чутливі до несприятливих умов року, незважаючи на високу врожайність у сприятливий рік.
- Вони стабільно продуктивні у сприятливих умовах, але їхня продуктивність значно знижується за стресових факторів.

3. Характеристика малопоширених та амфідіплоїдних форм

- *Triticum dicoccum*, *Triticum spelta* та амфідіплоїдні форми мають SSI < 1,0 (0,82–0,85, 0,80).

- Це свідчить про їх високу стресостійкість і здатність зберігати продуктивність у несприятливих умовах.

- Незважаючи на нижчу абсолютну врожайність у сприятливий рік, ці зразки демонструють більш стабільну продуктивність, що робить їх цінними для селекції.

4. Порівняння груп

- Культурні види характеризуються вищою продуктивністю у сприятливих роках, але SSI > 1,0 показує їхню більшу чутливість до стресу.

- Дикі та амфідіплоїдні форми мають нижчу врожайність, але стабільнішу продуктивність за стресових умов.
- Цей розподіл підкреслює важливість використання малопоширених та амфідіплоїдних форм як донорів стресостійких ознак у селекції.

Таблиця 2 демонструє, що стійкість до стресу не завжди корелює з абсолютною врожайністю. Висока продуктивність у сприятливих умовах у культурних видів супроводжується більшою чутливістю до стресу, тоді як малопоширені та амфідіплоїдні форми забезпечують стабільність продуктивності, що робить їх цінним генетичним ресурсом для селекційних програм.

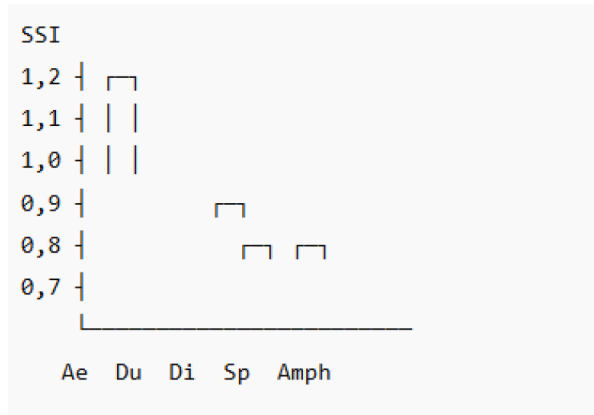


Рис. 2. SSI зразків пшениці

Ae – *Triticum aestivum*, Du – *Triticum durum*, Di – *Triticum dicoccum*, Sp – *Triticum spelta*, Amph – амфідіплоїдні форми

Зразки *Triticum dicoccum*, *Triticum spelta* та амфідіплоїдні форми характеризуються найменшою чутливістю до стресу ($SSI < 1,0$), що підкреслює їх перспективність для селекції.

Для інтегральної оцінки продуктивності та стабільності використовували GMP, SSI і CV. Це дозволяє виділити зразки з оптимальним балансом між врожайністю та адаптивністю.

Таблиця 3

Комплексна оцінка адаптивності зразків роду *Triticum L* за показниками GMP, SSI та CV (2019–2021 рр.)

Зразок	GMP (г/м ²)	SSI	CV, %	Рейтинг за адаптивністю
<i>Triticum dicoccum</i>	350	0,82	14,3	1
<i>Triticum spelta</i>	340	0,85	16,7	2
Амфідіплоїд	320	0,80	12,5	3
<i>Triticum aestivum</i>	405	1,11	6,2	4
<i>Triticum durum</i>	380	1,08	8,5	5

Таблиця 3 відображає комплексну оцінку адаптивності зразків на основі трьох показників:

- GMP (*Geometric Mean Productivity*) – середня геометрична продуктивність, що показує загальний рівень врожайності в різні роки,
- SSI – індекс стійкості до стресу,
- CV – коефіцієнт варіації, який відображає мінливість продуктивності.

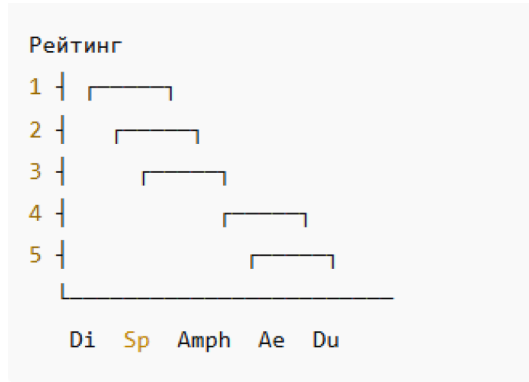


Рис. 3. Ранжування зразків за комплексною адаптивністю

Ae – *Triticum aestivum*, Du – *Triticum durum*, Di – *Triticum dicoccum*, Sp – *Triticum spelta*, Amph – амфідіплоїдні форми

Цей підхід дозволяє одночасно оцінити стабільність і адаптивність генотипів, а не лише їх врожайність у сприятливий рік.

За результатами комплексної оцінки адаптивності встановлено, що найбільш стресостійкими виявилися зразки *Triticum dicoccum* 3, *Triticum spelta* 5 та амфідіплоїдні форми, для яких значення індексу чутливості до стресу (SSI) не перевищували 1,0. Це свідчить про їхню високу здатність зберігати продуктивність за умов дії несприятливих факторів середовища. Для зазначених зразків показник геометричної середньої продуктивності (GMP) залишався відносно стабільним і становив 320–350 г/м², незважаючи на підвищену мінливість урожайності за роками досліджень, що підтверджується значеннями коефіцієнта варіації (CV) на рівні 12,5–16,7 %. Саме ці зразки посіли перші три місця у рейтингу адаптивності, що вказує на їх високу селекційну цінність як джерел стресостійкості та стабільності продуктивності.

На відміну від них, зразки культурних видів *Triticum aestivum* 2 та *Triticum durum* 1 характеризувалися вищими значеннями GMP (380–405 г/м²), що відображає їх значний потенціал врожайності у сприятливі роки. Водночас значення SSI, які перевищували 1,0, свідчать про підвищену чутливість цих генотипів до стресових умов. Низькі значення коефіцієнта варіації (6,2–8,5 %) підтверджують стабільність продуктивності культурних видів за оптимальних умов вирощування, однак зменшення врожайності у стресові роки зумовило їх нижчі позиції у загальному рейтингу адаптивності (4–5 місця). Це вказує на те, що високий потенціал продуктивності не завжди супроводжується достатнім рівнем адаптивності.

Порівняльний аналіз результатів, наведених у Таблиці 3, засвідчує, що найбільш адаптивними в умовах північно-східного Лісостепу України є малопоширені та амфідіплоїдні форми пшениці, незважаючи на дещо нижчий рівень абсолютної врожайності порівняно з культурними видами. Використання комбінованого підходу, який включає показники GMP, SSI та CV, дозволяє об'єктивно

оцінити баланс між врожайністю та стійкістю і є ефективним інструментом для відбору вихідного матеріалу у селекційних програмах, орієнтованих на створення стабільних сортів для регіонів із мінливими умовами вирощування.

Таблиця 3 підтверджує, що комплексний аналіз показників продуктивності та стресостійкості є найефективнішим способом виділення перспективних генотипів для селекції. Малопоширені та амфідіплоїдні форми є основними кандидатами для створення стабільних і високопродуктивних сортів пшениці, здатних зберігати продуктивність за змінних умов середовища.

Висновки і пропозиції: Отримані дані демонструють, що адаптивність і стабільність продуктивності не завжди корелюють з абсолютною врожайністю у сприятливий рік. Малопоширені та амфідіплоїдні форми, незважаючи на нижчу середню врожайність у сприятливих умовах, показують стійку продуктивність у змінних умовах, що робить їх важливим ресурсом для селекції.

Ці результати узгоджуються з сучасними міжнародними дослідженнями, які підкреслюють значення генетичного різноманіття диких і амфідіплоїдних форм для створення стабільних сортів пшениці, стійких до абіотичних стресів [18].

- культурні види (*Triticum aestivum*, *Triticum durum*) мають високу продуктивність, але більшу чутливість до стресових умов ($SSI > 1$);
- дикі та амфідіплоїдні форми демонструють високу стресостійкість і стабільність, хоча GMP нижчий;
- комплексний аналіз $CV + SSI + GMP$ дозволяє виділити перспективні генотипи для селекції стабільних і високопродуктивних сортів пшениці;
- малопоширені види та амфідіплоїдні форми є цінним генетичним ресурсом для підвищення адаптивності сортів пшениці.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Annicchiarico P. Genotype \times Environment Interactions: Challenges and Opportunities for Plant Breeding and Cultivar Recommendations. Rome: FAO. 115 p. 2002.
2. Araus J. L., Slafer G. A., Reynolds M. P., Royo C. Plant breeding and drought in C3 cereals: What should we breed for? *Annals of Botany*, 89, 925–940. 2002.
3. Blum A. *Plant Breeding for Water-Limited Environments*. New York : Springer. 2011. 255 p.
4. Ceccarelli S., Grando S. Drought as a challenge for the plant breeder. *Plant Growth Regulation*, 20, 1996. 149–155.
5. Chuprina Yu., Klymenko I., Golovan L. Ecological assessment of variability of quantitative signs of spring wheat samples. *Ukrainian Journal of Ecology*, 11(8), 156–166. 2021. doi: 10.15421/2021_284
6. Cooper M., Hammer G. L. *Plant adaptation and crop improvement*. Wallingford : CAB International. 1996. 608 p.
7. Eberhart S. A., Russell W. A. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Science*, 6, 1966. 36–40.
8. Falconer D. S., Mackay T. F. C. *Introduction to Quantitative Genetics*. 4th ed. Harlow : Longman. 1996. 464 p.
9. FAO. *Wheat and climate change*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2015.
10. Fischer R. A., Maurer R. Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield responses. *Australian Journal of Agricultural Research*, 29(5), 1978. 897–912.
11. Kihara H. Discovery of the DD-analyser, one of the ancestors of *Triticum vulgare*. *Agriculture and Horticulture*, 19, 1944. 889–890.

12. Mohammadi R., Armion M., Kahrizi D., Amri A. Efficiency of screening techniques for evaluating durum wheat genotypes under mild drought conditions. *International Journal of Plant Production*, 4(1), 2010. 11–24.
13. National Plant Germplasm System (NPGS). *Wheat genetic resources and breeding*. USDA-ARS. 2020.
14. Ortiz R., Sayre K. D., Govaerts B. et al. Climate change: Can wheat beat the heat? *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 126, 2008. 46–58.
15. Ouji A., Naouari M., Mouelhi M., Ben Younes M. Yield and Yield Components of Faba Bean (*Vicia faba L*) as Influenced by Supplemental Irrigation under Semi-arid Region of Tunisia. *World Journal of Agricultural Research*. 2017, Vol. 5 No. 1, 52–57.
16. Peake, j. Et reynolds Implementing Social Media Bridges for Student-Teacher Chasms Created During the COVID-19 Pandemic. *CEA Critic* 82(3). 274–284. doi:10.1353/cea.2020.0022
17. Reynolds M., Bonnett D., Scott C, Robert T., Raising yield potential of wheat. I. Overview of a consortium approach and breeding strategies *Free. Mathe Journal of Experimental Botany*, Volume 62, Issue 2, January 2011, Pages 439–452, <https://doi.org/10.1093/jxb/erq311>
18. Reynolds M. P., Ortiz-Monasterio J. I., McNab A. Application of Physiology in Wheat Breeding. Mexico, D.F.: CIMMYT. 2001. 218 p.
19. Reynolds M. P., Trethowan R., Crossa J., Vargas M., Sayre K. D. Physiological factors associated with genotype by environment interaction in wheat. *Field Crops Research*, 75, 2002. 139–160.
20. Rosielle A. A., Hamblin J. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments. *Crop Science*, 21(6), 1981. 943–946.
21. Thomasa J., Rohith A., Sebastian D., Sinan N., Jainet P, Krishna V. Climate warming modifies hydrological responses in the southern Western Ghats and the western coastal plains (India): Insights from CMIP6-VIC simulations. *Journal of Environmental Management*. Volume 381, May 2025.
22. Trethowan R. M., van Ginkel M. Synthetic wheat – an emerging genetic resource. *Cereal Research Communications*, 37, 2009. 1–9.
23. Vavilov N. I. Origin and Geography of Cultivated Plants. Cambridge: Cambridge University Press. 1992. 498 p.
24. Xu Y., Crouch J. H. Marker-assisted selection in plant breeding: From publications to practice. *Crop Science*, 48, 2008. 391–407.
25. Кириленко В. В., Кузьменко Л. А., Сологуб Ю. М. Оцінка адаптивності сортів пшениці м'якої озимої в умовах Лісостепу України. *Вісник аграрної науки*, 7, 2015. 23–28.
26. Литвиненко М. А. Селекція пшениці м'якої озимої на адаптивність. *Вісник аграрної науки*, 5, 2016. 15–22.
27. Литвиненко М. А., Лифенко С. П. Генетичні ресурси пшениці та їх використання в селекції. *Селекція і насінництво*, 94, 2007. 3–15.
27. Чуприна Ю. Агроекологічна оцінка популяційно-видового біорізноманіття *Triticum L.* до біотичних та абіотичних факторів в агроecosистемі Східного Лісостепу України: дис.... доктора філософії 101 Екологія. Харків. 257с. 2022. <https://repo.btu.kharkov.ua/handle/123456789/18215>

Дата першого надходження статті до видання: 27.01.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 20.02.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 13.04.2026